

УНИВЕРСИТЕТ ЗА НАЦИОНАЛНО И СВЕТОВНО СТОПАНСТВО

Факултет Икономика на инфраструктурата

Катедра „Икономика на транспорта и енергетиката“

ДИЛЯНА ЮЛИАНОВА ТЮФЕКЧИЕВА ХРИСТОВА

**ИНСТРУМЕНТИ ЗА ПРОГНОЗИРАНЕ НА ПАРИЧНИТЕ ПОТОЦИ И
ОПТИМАЛНО УПРАВЛЕНИЕ НА ИНВЕСТИЦИИТЕ В ПЪТНАТА
ИНФРАСТРУКТУРА НА БЪЛГАРИЯ**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен

„доктор“

в научна област 3. Социални, стопански и правни науки, професионално

направление **3.8 Икономика и управление (транспорт)**

Научен ръководител:

доц. д-р Даниел Йорданов

2025

Дисертационният труд е структуриран в увод, три глави и заключение, съдържа общо 267 страници, от които 182 стр. основен текст, 10 стр. използвана литература и 75 стр. приложения. В текста са включени 26 таблици, 13 фигури и 5 формули. Библиографията съдържа 116 източника, от които 57 са на английски.

Дисертацията е обсъдена и насочена за защита от катедра „Икономика на транспорта и енергетиката“ при факултет Икономика на инфраструктурата на УНСС – София.

Авторът на дисертационния труд е зачислен към катедра „Икономика на транспорта и енергетиката“ към Университет за национално и световно стопанство на 08.03.2022 г. със заповед № 979 от 12.04.2022 г., като задочен докторант.

Научно жури:

Проф. д-р Христина Лазарова Николова

Доц. д-р Ташко Йорданов Минков

Проф. д-р Даниела Димитрова Тодорова

Проф. д-р Донка Димитрова Желязкова

Проф. д-р инж. Николай Карев Карев

Резерви

Доц. д-р Борислав Стефанов Арнаудов

Доц. д-р Илия Добромиров Гътовски

Доц. д-р Нина Иванова Гергова

Доц. д-р Силвия Александрова Христова

Публичната защитата на дисертационния труд ще се състои на 20.02.2026 г от 14:00 часа в зала Научни Съвети (№ 2032А) на УНСС.

Материалите за защитата са на разположение на интересуващите се в библиотеката на УНСС.

1. Обща характеристика на дисертационния труд

Актуалност на темата

Икономическият растеж често намира отражение в интензивното развитие на автомобилния транспорт. Динамичното нарастване на автомобилният парк и ежегодното увеличение на автомобилният трафик намират отражение във все по-интензивното ползване на националната пътна мрежа. Повишават се изискванията за комфорт, безопасност и икономичност, което води до нарастване на изискванията към експлоатационните качества на настилката.

Пътната карта на България за Европа намира своето начало в националната пътна инфраструктура. Ако тази карта е един постоянен критерий, то състоянието на пътищата е променлива във времето величина. Със или без натоварване от транспортния поток във времето те се амортизират. От това следва, че пътищата динамично променят състоянието си, като се влошават по отношение на носимоспособност, безопасност и експлоатационни характеристики. В същото време, пътищата с влошени качества, освен безспорно намаляване на безопасността при пътуване, водят и до увеличаване на експлоатационните разходи на водачите на моторни превозни средства. Такива пътища налагат и намаляване на предвидената проектна скорост, което води до увеличаване на времето за пътуване, както и на влошаване комфорта на самото пътуване. От друга страна значителното увеличение на броя на автомобилите създава задръствания по пътищата. Следователно, за да се намалят затрудненията в трафика, създаването на нова пътна инфраструктура, както и подобряването на съществуващата има дългосрочни икономически и социални ползи. Чрез подобряването на пътно-транспортната мрежа може да се реализират редица показатели като 1) понижаване на транспортно-експлоатационните разходи; 2) намаляване на времето за пътуване; 3) намаляване на аварийността по пътищата; 4) ограничаване на задръстванията и други.

Изграждането и поддържането на пътната инфраструктура се извършва предимно с публични средства, осигурени от държавния бюджет, Европейския съюз или други финансиращи институции. Те са публичен разход, който следва да бъде вложен по най-ефективния начин.

Като цяло през последните 20 години Република България е инвестирала в пътния сектор по-малко от други държави в ЕС за рехабилитация и строителство.

Актуалността на проблематиката, разгледана в дисертационния труд се определя от обществената полза пътищата в България да запазят своите експлоатационни характеристики максимално дълго във времето, като средствата необходими за тяхното изграждане и поддръжка да са своевременно планирани, целенасочени и оптимизирани.

Навременната поддръжка на пътищата от своя страна цели да ограничи по-нататъшното влошаване на състоянието на пътната мрежа, да създаде условия за ограничаване на пътнотранспортните произшествия и да намали необходимостта от последващи по-високи разходи в резултат от отложените ремонти. Съответно средствата за изграждане и поддръжка на пътната мрежа следва да бъдат оптимално разходвани за постигане на безопасна експлоатация и надеждна поддръжка.

За целта е необходим ефективен инструмент за прогнозиране на паричните потоци, необходими за поддържането и изграждането на националната пътната инфраструктура, който да подпомогне в идентифицирането на настоящите и бъдещите нужди, така че да се оптимизират инвестициите в отговор на тези нужди.

Тъй като средствата необходими за изграждането и ремонт на пътища и съоръженията към тях са от изключителен мащаб, важно е тяхното своевременно планиране, с цел осигуряване на тяхната наличност във времето. Това важи особено за ремонтите и поддръжката на пътищата, които ако не се извършват навреме състоянието им прогресивно се влошава. Практиката показва, че в България, в голяма степен до ремонт и рехабилитация се стига едва когато даден път стане практически неизползваем или в краен случай се стигне до някакъв пътен инцидент. До този момент обаче пътят се е влошил до такава степен, че средствата необходими за неговото възстановяване са неколкостранни, а експлоатационните разходи на водачите на превозните средства са значително завишени при използването на инфраструктура от подобен характер.

В същото време, при предварително заложен програма за ремонт за определен анализен период и остойностяване на необходимите средства за тези ремонти във времето, може да се прогнозира и предвиди необходимия ресурс за даден участък или участъци от пътната мрежа. По този начин би се дала възможност за планиране на инвестициите, както на етап предпроектни проучвания, така и на етап съществуваща инфраструктура.

Цели и задачи

Целта на дисертационния труд е да се предложи съвременен и ефективен инструмент за прогнозиране на паричните потоци и управление на инвестициите в пътната инфраструктура, като по този начин се подобри развитието и състоянието на пътния сектор в контекста на изпълнение на националните цели, за да се сведат до минимум общите транспортни разходи и да се реализират икономии за гражданите, бизнеса и обществото. Конкретизацията на целта се изразява в разработването на авторова методология за развитие и управление на пътищата, въз основа на предложен и адаптиран към националните условия модел, който да служи като ефективен инструмент за прогнозиране на паричните потоци и оптимално управление на инвестициите в пътната инфраструктура на България. Предложената методическа рамка на дисертационното изследване осигурява научно обоснована методическа схема и практически приложим инструмент за оценка и планиране на инвестициите, свързани с развитието и управление на пътната инфраструктура в страната. Реализирането на поставената основна цел е постигната при изпълнението на следния основен набор от задачи:

- Определяне на ключовите характеристики на пътната мрежа в обхвата на проучването като функционална класификация, типове настилки, геометрични конструктивни характеристики, пропускателна способност, клас на аварийност и др.;
- Определяне на основните характеристики на движението по пътната мрежа в обхвата на проучването, като интензивност (среднодневен годишен трафик) и темпове на нарастване (годишно увеличение на общия обем на движението);
- Определяне на представителен автомобилен парк за страната и задаване на физическите характеристики на представителния автомобилен парк;
- Въз основа на актуална информация от НСИ, както и друга обществено достъпна информация определяне на транспортно-експлоатационни разходи, цена на труд, цена на строителни материали, цена на гориво-смазочни материали, разходи за текущ ремонт и поддържане, определяне цената на времето и остойността на загубите от пътнотранспортни произшествия.

При изпълнението на поставените задачи в хода на изследването са проверени и верифицирани ефективността на методите при извършване на технико-икономически анализи чрез проучване на възможностите и прилагане на методология за развитие и

управление на пътищата, въз основа на предложен модел, която да служи като инструмент за оптимално управление на инвестициите и прогнозиране на паричните потоци в пътната инфраструктура.

Обект на изследването е състоянието и развитието на пътната инфраструктура на Република България. В частност, обектът на изследване се ограничава до отделни проекти за изграждане и/или рехабилитация на елементи на пътната инфраструктура, за които предложената методическа схема връща данни за прогнозираните паричните потоци и това позволява да се верифицира инструмента за оптимално управление на инвестициите в пътната инфраструктура в България. По-конкретно, изследването на пътната инфраструктура се ограничава до изследването на републиканската пътна мрежа, попадаща в зоната на влияние на изследвания примерен проект. Изследването обхваща период от 2022г до 2024 г.

Предмет на научното изследване е оптимизирането на управлението на инвестициите в пътната инфраструктура на България, чрез внедряването на съвременен подход за управление на инвестициите в изграждането и поддържането на пътната инфраструктура на база утвърдени световни практики. Управлението на инвестициите се свежда до използването на комплекс от показатели за оценка на ефективността на вложените средства при анализа на проекти от републиканската пътна инфраструктура при конкретни условия. Това позволява прогнозиране на паричните потоци и оптимизиране на необходимите ресурси за изграждане и поддържане на пътната инфраструктура, с цел постигане на максимален социално-икономически ефект от направените инвестиции.

Основната теза, която е проверена и доказана в хода на изследването по темата на дисертационния труд е, че чрез използване на разработената методология за развитие и управление на пътищата в България, може да се създаде ефективен механизъм за предвидимост и планиране на инвестициите в по-дългосрочен план, като по този начин се оптимизират средствата, необходими за изграждането и поддържането на пътната инфраструктура.

Като резултат от изследването трудът цели да създаде необходимо приложно знание, чрез което да се подобри развитието и състоянието на пътния сектор, чрез верифициране на предложения ефективен инструмент за прогнозиране на паричните потоци, необходими за поддържането и изграждането на националната пътната инфраструктура. Ползите на този

инструмент са да подпомага идентифицирането на настоящите и бъдещите нужди и да позволява определяне на ефективността на инвестициите, като едновременно с това цели минимизиране на общите транспортни разходи за ползвателите и съответно реализиране на икономии за обществото.

Методи на изследването: За целите на научното изследване са използвани методите теоретично обобщаване, статистически анализ, прогнозиране, количествен и сравнителен метод, методът на наблюдението и измерването. Въз основа на извършените анализи и сравнения са формулирани обобщения, изводи и препоръки. За обработка, анализ и графично представяне на данните са използвани софтуерните продукти Word и Excel, както и снимков материал.

Информационното осигуряване на изследването е извършено чрез събиране на информация от литературни източници, научни публикации, нормативни и стратегически документи. Данните за представянето на практическата част са получени по правилата на Закон за достъп за обществена информация от Агенция „Пътна инфраструктура“ с вх. № ЗДОИ-47/15.05.2024 г. и от Министерство на вътрешните работи с рег. № 812104-299/22.07.2024 г. Използвани са също така данни и информация от собствени (авторски) емпирични изследвания.

Потенциални потребители на изследването са Агенция „Пътна инфраструктура“ (АПИ), Областните пътни управление и Министерство на регионалното развитие и благоустройството (МРРБ). В тази връзка използването на методологията може да подпомогне най-вече администрацията, управляваща Републиканската пътна мрежа в лицето на Агенция „Пътна инфраструктура“, като ѝ осигури ефективен инструмент за прогнозиране на паричните потоци и управление на инвестициите в пътната инфраструктура.

2. Съдържание на дисертационния труд

УВОД

ПЪРВА ГЛАВА: ТЕОРЕТИЧНИ ОСНОВИ НА ПЪТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА И УПРАВЛЕНИЕТО НА ИНВЕСТИЦИИТЕ

1. Същност, предназначение и основни дефиниции на пътищата, автомобилното движение и транспортната инфраструктура
2. Транспортни политики в контекста на националните стратегии
3. Характеристики на пътните настилки и влошаването им във времето
4. Инвестиции в пътната инфраструктура
5. Икономическа оценка на пътни проекти

ВТОРА ГЛАВА: ИНСТРУМЕНТИ ЗА ПРОГНОЗИРАНЕ НА ПАРИЧНИТЕ ПОТОЦИ И УПРАВЛЕНИЕ НА ИНВЕСТИЦИИТЕ В ПЪТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА

1. Методика за определяне на икономическата ефективност на инвестиционните проекти в пътното строителство като инструмент за планиране и управление на инвестициите в пътната инфраструктура
2. Приложими инструменти за прогнозиране на паричните потоци и управление на инвестициите в пътната инфраструктура
3. Съпоставка между инструментите RTIM 3, HERS И HDM-4
4. Общи характеристики на модела HDM-4
5. Калибриране и адаптиране на модела HDM-4
6. Оптимизационен механизъм на ефект на ефективност в модела HDM – 4
7. Информационно осигуряване на модела HDM - 4
8. Изходни данни на модела
9. Анализ на чувствителността на модела HDM-4
10. Обобщение на модела HDM-4

ТРЕТА ГЛАВА: РАЗРАБОТВАНЕ НА МЕТОДОЛОГИЯ ЗА РАЗВИТИЕ И УПРАВЛЕНИЕ НА ПЪТИЩАТА В БЪЛГАРИЯ ВЪЗ ОСНОВА НА АДАПТИРАНЕ НА МОДЕЛА HDM-4: ПРИЛОЖЕНИЕ ВЪРХУ ПРИМЕРЕН ПЪТЕН ПРОЕКТ

1. Подход за адаптиране и калибриране на модела HDM-4 към националните условия
2. Експериментално приложение на модела HDM-4 за оценка на примерен проект

3. Резултати и изводи от анализа на примерен пътен проект

4. Обобщение и препоръки при използването на методологията за развитие и управление на пътища основана на модела НДМ-4

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСЪК С ПРИНОСИТЕ

ПРИЛОЖЕНИЯ

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

3. Кратко представяне на дисертационния труд

ПЪРВА ГЛАВА: ТЕОРЕТИЧНИ ОСНОВИ НА ПЪТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА И УПРАВЛЕНИЕТО НА ИНВЕСТИЦИИТЕ

В първи раздел на първа глава е разгледано предназначението на пътищата, автомобилното движение и транспортната инфраструктура. Въз основа на литературни източници са дефинирани основните понятия по темата. Определено е значението на пътищата на Република България и връзката им с Европейските международни пътища. Разгледан е пътят като сложно инженерно съоръжение, неговите функции и характеристики.

В широк смисъл пътят като главна съставна част на транспорта представлява ивица от пространство, по която се осъществява придвижването на транспортни средства (подвижен състав), т.е. реализира се движението. В своята съвкупност пътят представлява комплекс от инженерни съоръжения, които имат за задача да осигурят движението на превозните средства и да ги обслужват. Пътят трябва да пропуска движението сигурно, бързо, удобно и при относително ниска себестойност независимо от вида и състава на движението. Това са транспортните му функции. *(Сотиров, Д., 1983).*

Техническите характеристики на превозните средства се подобряват динамично. Това подобрене в характеристиките на превозните средства изисква и съответно усъвършенстване на пътищата (настилка, габарити, геометрични характеристики и др.). *(Сотиров, Д., 1983).*

Трябва да се отбележи, че през последните години в ЕС, като цяло е отчетено нарастване броя на автомобилите. От съществено значение за правилното планиране и осъществяване на устойчиво развитие на пътната мрежа на Република България е съобразяването с фактори като перманентното нарастване на общия брой автомобили и подобряването на динамичните им показатели.

Проучването на автомобилното движение има изключително важно значение при определяне на количествените и качествените характеристики на транспортните потоци,

както и за разработване на прогнози за нарастване на движението. Такава информация е крайно необходима при ефективното планиране развитието на пътната мрежа.

Съгласно БДС16578-87, валиден и до днес, моторните превозни средства се класифицират в седем групи (таблица 1) с оглед определяне на оразмерителното натоварване на настилките и на оразмерителната часова интензивност.

Таблица 1. Класифициране на моторните превозни средства, съгласно БДС16578-87

Група	Вид моторно превозно средство	Пълна маса, тона	Символ
1. Мотоциклети	Мотопеди и мотоциклети със или без кош		МЦ
2. Леки автомобили	Леки пътнически автомобили от всички марки и модели, микробуси с до 10 места, коли на бърза медицинска помощ, лекотоварни автомобили с полезен товар до 1,5 тона	До 3,5	ЛА
3. Товарни автомобили	Товарни автомобили от всички марки и модели с полезен товар от 1,5 до 3,5 тона без и със ремарке	От 3,5 до 6,0	ЛТА
4. Товарни автомобили	Товарни автомобили с полезен товар от 3,5 до 6,0 тона	От 6,0 до 12,0	СТА
5. Товарни автомобили	Товарни автомобили с полезен товар 6 и над 6 тона	Над 12	ТТА
6. Товарни автомобили с ремарке	Товарни автомобили от всички марки и модели с едно или повече ремаркета	Над 12	ТА+Р
7. Автобуси	Всички видове автобуси		БУС

Източник: БДС16578-87

Интензивност на движението представлява броят на моторните превозни средства, преминаващи през дадено напречно сечение на пътя, направление на движение или лента на движение за определен период от време, приет за единица (БДС 16578-87).

Интензивността на движението има съществено значение както при определянето на основните елементи на новостроящи се пътища, така също и при планирането и избора на вида на пътно-ремонтните работи (НАПИ, 2009).

Съгласно разпоредбата на чл. 19, ал. 1 от Закона за пътищата, републиканските пътища в страната се управляват от Агенция „Пътна инфраструктура”. Републиканските пътища са изключителна държавна собственост.

Отделни републикански пътища са включени в трансевропейската пътна мрежа. (МРРБ, 2023. Закон за пътищата)

Транспортна инфраструктура обобщава съвкупността от инфраструктурни обекти на различните видове транспорт, които са организационно обособени и които създават необходимите предпоставки за осъществяване на пространственото преместване на хора и стоки. (Бакалова, В. и Николова, Хр., 2010). В тази връзка пътищата и съоръженията към тях са част от транспортната инфраструктура.

Подобряване на пътно-транспортната инфраструктура предполага осъществяването на конкретни транспортни проекти. Целите на транспортния проект, а именно специфичните функции, които инфраструктурата трябва да изпълнява, трябва да съответстват на териториалния контекст на региона или страната, където е изграден проектът. Основните цели на транспортния проект като цяло са свързани с подобряване на условията за пътуване на пътници и превоза на стоки както в зоната на въздействие, така и от и до зоната на въздействие (достъпност), също така подобряване качеството на околната среда, и на благосъстоянието на обслужваното население (European Commission 2014).

Във втори раздел на първа глава са разгледани транспортните политики в контекста на европейските и национални стратегически цели.

Стратегията на ЕС за транспортната инфраструктура, както е определена в насоките за TEN-T, е насочена към подобряване на качеството на транспортната инфраструктура чрез нови инвестиции и ефективно използване на вече съществуваща инфраструктура с цел подобряване на достъпността, мобилността и безопасността, както и постигане на съответствие с търсенето на транспорт (European Commission 2014).

Транспортът играе ключова роля за развитието на всяко модерно общество, като средство за икономическо развитие и предварително условие за постигане на социална и регионална кохезия. Транспортният сектор на България е от изключителна значимост за повишаване конкурентоспособността на националната икономика и за обслужване на населението (МТИТС, 2021).

Визията за развитие на транспортния сектор е към 2030 г. България да притежава модерна, ефективна и сигурна транспортна система, която да удовлетворява потребностите за качествен и безопасен транспорт. Пътната инфраструктура е основен елемент на транспортната система, който осигурява мобилността на хората и същевременно оказва огромно влияние върху безопасността на движението по пътищата. (МТИТС, 2021).

Ефективната пътно-транспортна мрежа е важен фактор за икономическото и социалното развитие. Същевременно строителството и поддръжката на пътища поглъщат голяма част от националните бюджети, а разходите, понесени от ползвателите на пътищата, за експлоатация и амортизация на превозните средства са още по-големи. Ето защо е жизнено важно да се следват политики, които да минимизират общите транспортни разходи за отделните пътни участъци и за пътната мрежа като цяло.

Интеграцията на страната в Европейското пространство доведе до съществено нарастване на трафика по главните пътнотранспортни направления. Ефективното и устойчиво интегриране на националната пътна инфраструктура в европейската цели повишаване на кохезията и подобряване на връзките между Република България и останалите страни членки на ЕС, като паралелно с това поставя и нови предизвикателства по отношение нейното доизграждане, поддръжка и оптимизация.

В раздел трети на първа глава са описани характеристиките на пътните настилки и влошаването им във времето. Дефинирани са видовете повреди по пътищата представляващи потенциална опасност за участниците в движението.

Пътните настилки се влошават в резултат на няколко фактора, а именно: натоварването от трафика, вида и здравината на пътната настилка, състоянието на основата, вложените материали, качеството на строителството, климатичните условия, както и недостатъчни/неефективни дренажни (отводнителни) системи.

По отношение на натоварването от трафика, амортизацията на пътищата се влияе в най-голяма степен от тежкотоварните автомобили,

По отношение влошаване състоянието на пътищата в резултат на климатични условия, околната среда въздейства върху умората на пътните настилки по няколко начина. Изменението на температурата и водното съдържание влияят на здравината, трайността и носимоспособността на материалите в пластове на настилка и в земното легло.

Дефектите на пътното тяло, освен че значително понижават комфорта на движение, те представляват и потенциална опасност за участниците в движението.

В четвърти раздел на първа глава е разгледана значимостта на инвестициите в пътната инфраструктура и необходимостта от тяхното планиране. Проучена е нормативната уредба, имаща отношение към изграждането и поддържането на пътната инфраструктура.

Инвестициите в пътната инфраструктура са стратегически и с голямо обществено значение. В най-широк икономически аспект инвестирането в пътната инфраструктура обхваща дейности по ремонт, рехабилитация и модернизация на съществуващи пътища и пътни съоръжения, както и изграждане на нови такива.

Същевременно е необходимо да се анализира ефективността на инвестициите с оглед на тяхното управление, тъй като този анализ представлява основен инструмент за осигуряване на рационално и устойчиво използване на ограничените финансови ресурси в пътния сектор. Чрез оценката на ефективността се дава възможност да се идентифицират най-резултатните инвестиционни решения, да се оптимизират стратегиите за поддръжка и развитие на инфраструктурата и да се гарантира постигането на максимален социално-икономически ефект от вложените средства.

Икономическата ефективност от провеждане на дейности по рехабилитация или строителство на пътища се определя с използването на система от показатели и подходи за оценка на ефективността, като предпочитание често се отдава на определянето на срока на откупуване на инвестициите (*Василев & Арnaudов, 2012*).

Срокът за откупуване изразява времето, в течение на което направените инвестиции се „откупуват“ (възвръщат) от получения от тях доход. Обикновено за решаването на дадена конкретна задача в развитието на транспорта може да се осъществят различни варианти. От тях най-ефективен е този вариант, който изисква минимални инвестиции и осигурява минимални експлоатационни разходи. На практика обаче такива „идеални“ варианти се срещат съвсем рядко. Най-често се случва така, че вариантите, които изискват най-големи инвестиции, осигуряват най-големи икономии на експлоатационни разходи и обратно. В такива случаи икономически най-изгодният вариант се установява, като се определят сроковете за откупуване на инвестициите по отделните варианти.

При планирането на инвестициите в пътния сектор е необходимо да се оценят всички разходи, свързани с предложени проект. Те включват разходи за строителство, разходи за поддръжка и рехабилитация, разходи за ползватели на пътищата и всички други външни

разходи, които могат да бъдат пряко приписани на пътния проект.

Може би първото позоваване на концепция за икономическа оценка, където се вземат предвид ползите за ползвателите на пътя, е от 1847 г. от У. М. Гилеспи: „Минимумът на разходите е, разбира се, силно желателен, но пътят, който наистина е най-евтини, не е този, който е струвал най-малко пари, а този, който носи най-печелившата възвръщаемост пропорционално на сумата, изразходвана за него (*Gillespie, W. M., 1850*).

За оптималното управление на инвестициите в пътната инфраструктура, обаче е необходимо не само да се анализира тяхната ефективност, но и да се извършва прогнозиране и планиране на необходимия размер на средствата за всяка година в рамките на определен период. Такъв подход позволява да се осигури поддържането на пътната мрежа в максимално добро състояние, като същевременно се гарантира дългосрочна устойчивост на инвестициите, рационално разпределение на ресурсите и минимизиране на разходите за ползвателите на пътя.

Инвестирането в пътната инфраструктура само по себе си води до спестяване на време (или разходи за време) за потребителите на пътната инфраструктура, намаляване на оперативните разходи, подобряване на безопасността и увеличаването на комфорта.

Въпреки горното, обаче необходимостта от поддържане на пътната мрежа, често бива пренебрегната. Пътната мрежа като че ли става значима едва когато даден участъкът се влоши до такава степен, че настилката стане нетърпима за каране.

Пренебрегването на поддържането води както до по-високи разходи за пътната агенцията, така и по-високи разходи за потребителите на пътища и загуба на удовлетворение у потребителите.

В раздел пет на първа глава е изследвана ролята на икономическата оценка на пътни проекти, като са идентифицирани целите за извършване на такава оценката. За постигането на тези цели и оценяването им е разгледан механизмът, по който те могат да бъдат измерени.

В документа на Европейската комисия „*Vademecum Economic Appraisal 2021-2027*“ икономическата оценка се определя като процес, насочен към оценка дали даден проект ще допринесе за цялостното социално благосъстояние и за икономическия растеж. Той взема предвид ползите и разходите за обществото и измерва стойността, която проектът генерира

за всички заинтересовани страни, за да определи дали обществото ще спечели от инвестицията. Целта на оценката на инвестициите в пътища е да се изберат проекти с висока икономическа възвръщаемост.

Размерът на инвестицията се определя от разходите за строителство и разходи за годишно поддържане на пътищата, като икономическата възвръщаемост е главно под формата на икономии на разходите за ползвателите на пътищата, поради осигуряването на по-добро пътни условия. Тези три категории разходи представляват това, което обикновено се нарича общи пътно-транспортни разходи или разходи за целия жизнен цикъл в случай на реализация на проекта (*Kerali, H.G.R., McMullen, D. and Odoki, J.B., 2000*).

Общо измерване на икономическата и социалната ефективност е възможно, при условие че социалният ефект се „трансформира“ в косвен икономически ефект, т.е., че получи стойностна оценка, което позволява да се съизмерва (сумира) с прекия икономически ефект (*Василев, Е., & Арnaudов, Б. 2012*).

Следователно основната функция на оценката на инвестициите в пътищата е да се изчислят разходите за пътно строителство, поддръжка на пътищата и разходи за ползвателите на пътищата за определен период на анализ. Това се постига чрез моделиране на взаимовръзките между околната среда, строителните стандарти, стандартите за поддръжка, стандартите свързани с геометричните параметри и разходите на ползвателите на пътищата.

За да може да се измери и изчисли ползата от нови и реконструирани пътища е нужно да се определят характеристиките на самата пътна настилка, които биха повлияли на разходите на ползвателите на пътя и по-точно – разходите за експлоатация на превозните средства, разходите за време за пътуване и разходите за отстраняване на последиците от произшествия.

Експлоатационните разходи на превозните средства се определят като разходите, поети от собствениците на превозни средства за експлоатацията им, включително разход на гориво, разход на смазочни материали, разходи за гуми, разходи за ремонт и поддръжка, застраховка, режийни разходи, администрация и др.

Спестяването на време за пътуване идва от увеличените скорости, свободния и ритмичен поток на движение и /или от използването на по-кратък маршрут. Всяко от тези

обстоятелства обаче зависи от състоянието и пропускателната способност на използвания път. Възможни са различни методи за определяне на цената на времето на пътниците, като обикновено се прави разлика между оценката на работното и неработното време за пътуване, включително пътуването до работното място (*European Commission, 2014*).

Пътно-транспортните произшествия освен че са приети за голяма трагедия водят след себе си и значителни икономически щети. Следователно е от решаващо значение да се идентифицират и определят съответните разходи за пътнотранспортни произшествия за цялостна икономическа оценка на външните разходи за пътна безопасност (*Nikolova, C., 2024*).

Остойностяването на ползите от пътната безопасност се състои в определяне на стойността на спестените обществени разходи, в резултат на предотвратяване на настъпването на ПТП.

В същия раздел като инструмент за икономическа оценка на предимства или недостатъци на дадено инвестиционно решение в сферата на пътищата е разгледан анализът „разходи-ползи“, съгласно насоките в ръководствата на Европейската комисия. Разгледани са понятията за „живот“ на транспортния проект, като е акцентирано върху икономически полезен живот, а именно референтен период, който има отношение към проведеното изследване.

Анализът на разходите и ползите СВА (АРП) е аналитичен инструмент, използван за оценка на икономическите предимства или недостатъци на инвестиционното решение чрез количествено определяне на промените в благосъстоянието, дължащи се на неговото прилагане. Тя има за цел да определи количествено всички разходи и ползи за обществото в парично изражение. Те включват икономически, социални и екологични въздействия (*European Commission, 2021-2027*).

Предназначението на анализа на разходите и ползите е да идентифицира и даде финансово изражение на всички възможни въздействия, с цел определяне на разходите и ползите от проекта, след което резултатите от оценката се сумират и се изготвя заключение дали проектът е целесъобразен и следва да се изпълни. Разходите и ползите се оценяват диференциално, като се разглежда разликата между сценария, включващ изпълнението на

проекта, и алтернативен сценарий, при който проектът не се изпълнява (*Европейска Комисия, 2006*).

В АРП разходите и ползите, които възникват в продължение на няколко години, трябва да бъдат сравними помежду си. Това става чрез дисконтиране,(осъвременяване) което води до намаляване на бъдещите ползи и разходи. Основният аргумент за прилагането на дисконтирането е, че повечето хора (и публичните органи и частните компании) не оценяват бъдещите разходи и ползи толкова високо, колкото настоящите разходи и ползи (*Koopmans, C. & Mouter, N. 2020*).

След като всички разходи и ползи от проекта са количествено определени и оценени в парично изражение, е възможно да се измерят икономическите резултати на проекта чрез изчисляване на следните икономически показатели: нетна настояща стойност, вътрешна норма на възвръщаемост, съотношение ползи/разходи (коэффициент на ефективност).

Резултатите от анализа разходи-ползи следва да покажат дали проектът е желателен от социално-икономическа гледна точка, като това се доказва от положителната икономическа нетна настояща стойност. Икономическата нетна настояща стойност е най-важният и надежден социален показател на АРП и следва да се използва като главния референтен индикатор за икономическо изпълнение при оценяването на проекта.

АРП се счита за полезен градивен елемент за формиране на мнение по отношение на публичните проекти, тъй като методът дава представа за порядъка на положителните и отрицателните въздействия на даден проект, като превръща тези ефекти в пари. Поради факта, че крайните показатели на АРП, (например съотношението полза-разходи) дават ясна и съпоставима информация, анализът разходи-ползи прави проектите сравними (*Koopmans, C., & Mouter, N., 2020*).

В тази част на дисертационния труд са разгледани очакваните ефекти от прилагането на анализ „разходи-ползи“ и значението му при оценката на проекти свързани с пътната инфраструктура. Целта на използването на анализа „разходи-ползи“ е да се оцени икономическа жизнеспособност на даден проект, като се гарантира, че проектът носи положителни нетни икономически ползи, изразени чрез нетната настояща стойност (NPV), при определен скотов процент. За икономическата оценка на даден проект се оценяват поне две алтернативи: „сценарий без проект“ и „сценарий с проект“. Изчисляват се

годишните разходи на пътната агенция и разходите на ползвателите на пътя, за всяка от алтернативите по отделно за определен период. В резултат на това общите разходи от двата сценария се съпоставят по между си. Полученият поток от дисконтирани разходи се използва за изчисляване на икономическите показатели, които помагат да се определи икономическата жизнеспособност на проекта и съответно ползите за обществото, изразяващи се в икономии на разходите за ползвателите на пътя.

В тази връзка е желателно да се оценят повече от две алтернативи на проекта, което позволява икономическото сравнение на вариантите на проекта и препоръката да се приложи алтернативата на проекта, която максимизира нетните ползи от проекта (NPV).

Разработването на варианти на инвестиционни проекти са налага поради факта, че една и съща задача (строителна, реконструктивна и др.) може да се реши по различни начини и следва да се избере най-добрия от тях. За получаването на обективни и обосновани резултати при сравняване на вариантите е необходимо да се спазват редица изисквания. Важно изискване е всички варианти да се оценяват с помощта на едни и същи показатели. Друго изискване е всички варианти да се сравняват за един и същ период (*Василев, Е., & Арnaudов, Б., 2012*).

Анализите „разходи-ползи“ са не само средство за оценка на инвестицията и избор на вариант при ново строителство, но и ефикасен инструмент за планиране на ремонта и поддържането на съществуващите пътища, съобразно икономическите, техническите и функционални ограничения (*Михайлов, Н., 2014*).

Изведено е заключение, че процесът на вземане на решения свързан с разработване и избор на най-подходящата стратегия за поддръжка и реконструкция на пътни участъци, както и за изграждането на нови такива, обаче страда от липса на ефективен инструмент за управление на инвестициите, който да осигурява запазването на експлоатационните характеристики на пътищата в България максимално дълго във времето. Свеждането до минимум на общите разходи за ползвателите на пътната инфраструктура и съответно реализирането на икономии за обществото могат да се постигнат чрез предлагането на съвременни и ефективни инструменти за прогнозиране на паричните потоци и управление на инвестициите в пътната инфраструктура, като механизъм за подобряване развитието и състоянието на пътният сектор в контекста на европейските и националните цели.

ВТОРА ГЛАВА:

ИНСТРУМЕНТИ ЗА ПРОГНОЗИРАНЕ НА ПАРИЧНИТЕ ПОТОЦИ И УПРАВЛЕНИЕ НА ИНВЕСТИЦИИТЕ В ПЪТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА

Във втора глава са разгледани различни инструменти за прогнозиране на паричните потоци и управление на инвестициите в пътната инфраструктура. Анализирани са областите на тяхното приложение, възможностите и ограниченията на всеки от тях.

В първи раздел на втора глава е разгледана „Методиката за определяне на икономическата ефективност на инвестиционните проекти в пътното строителство“ на Главно управление на пътища (ГУП) от 1990 г. Представена е история и същност на методиката. Направен е подробен преглед и анализ на методиката, като основно е определено, че тя позволява много вариантен анализ на технико-икономически задачи свързани с изграждането на нов път, реконструкцията, модернизацията или извършването на основен ремонт на съществуващ път за обекти от Републиканската пътна мрежа. Тя дава възможност за прогнозиране и определяне на необходимите годишни разходи за ремонти и поддръжка за определен период на анализ. В Методиката икономическата ефективност на пътните инвестиционни проекти се определя чрез съпоставяне на очаквания икономически ефект през целия така наречен “проектен” или “икономически” живот /период/ на пътя с направените еднократни разходи за неговото изграждане при отчитане на фактора “време”.

В хода на анализа на Методиката са определени нейните силни и слаби страни.

В обобщение, за условията на стопанския живот на 90-те години, Методиката създава предпоставки за извършване на комплексни проучвания за технико-икономическата ефективност на разходите за вариантни технически решения на пътни проекти и дава прогноза на паричните потоци за анализния период. Предвид периода на нейното разработване съвсем естествено е някои от икономическите параметри и подходите за тяхната оценка да не са изцяло актуални понастоящем.

Въпреки това, към момента, тази методика все още е единствената формално „действаща“, но поради нейната изчерпана в голяма степен актуалност, е трудно приложима и слабо ефективна.

Освен това за целите на практическото приложение на Методиката на ГУП е необходимо да се използва потребителски програмен продукт, който поради остарялата си

платформа е несъвместим със съвременните технологии, и следователно от дълги години вече е неприложим. В тази връзка Методика на ГУП от 1990 г. освен, че следва да бъде актуализирана, следва да има и работещ програмен продукт, чрез която да бъде приложена.

Поради тази причина е целесъобразно в България да има ефективен инструмент, който да подпомага лицата, отговорни при вземането на решения относно планирането и разпределението на ресурсите за поддръжка и развитие на пътната инфраструктура, като същевременно осигурява възможност за взимането на оптимални решения в съответствие с действителните нужди на пътната мрежа.

Във връзка с горното дисертационният труд е насочен към разработването и предлагането на действаща методология, която да е адаптирана към настоящите икономически, социални и технически условия, така че тя да служи като практически приложим и ефективен инструмент за оценка и планиране на инвестициите, свързани с развитието и управление на пътната инфраструктура в страната.

За тази цел, и съобразявайки се със съвременните изисквания и насоки за икономическа оценка на пътни проекти, са проучени възможностите за прилагане на утвърдени в международната практика инструменти за планиране и управление на инвестициите в пътната инфраструктура, отговарящи на спецификата на съвременните условия.

В втори раздел на втора глава са проучени приложими инструменти за прогнозиране на паричните потоци и управление на инвестициите в пътната инфраструктура

За избор на ефективен инструмент за прогнозиране на паричните потоци и оптимално управление на инвестициите и в пътната инфраструктура са разгледани няколко актуални и утвърдени от световната практика инструменти за оценка на пътни проекти. Това са модела на Английската пътна лаборатория (TRRL) – **RTIM 3** (*Road Transport Investment Model*), системата **HERS** (*Highway Economic Requirements System*) на Федералната администрация по пътищата към Министерството на транспорта на САЩ, както и модела **HDM-4** (*Highway Development & Management*) разработен от Световната банка. Всеки от тях е представен със своите характеристики, области на приложение, предимства и ограничения.

RTIM 3 (Модел за инвестиции в пътния транспорт) е инструмент, разработен от Лабораторията за изследване на транспорта и пътищата на Обединеното кралство (TRRL) за анализ и оптимизиране на инвестициите в пътната инфраструктура. Той се използва за оценка на икономическото и финансовото въздействие на пътните проекти, като се фокусира върху анализа на разходите и ползите и оценките на икономическата възвръщаемост (*Cundill, M.A., 1995*).

HERS (Системата за икономически изисквания на магистралите) е аналитичен инструмент, разработен от Федералната пътна администрация (FHWA) за оценка на инвестиционните потребности на магистралната система на САЩ. Системата способства разработването на инвестиционни програми за пътища чрез компютърен модел, предназначен да симулира решения въз основа на икономически ползи и разходи на алтернативни възможности за подобрене. Използва се предимно за стратегическо планиране, чрез определяне на оптималното ниво на инвестициите, необходими за поддържане или подобряване на ефективността на магистралната инфраструктура въз основа на икономически принципи.

HDM-4 (Моделът за развитие и управление на пътища) е аналитичен инструмент, разработен от Световната банка, позволяващ да се извършват технико-икономически анализи на алтернативни решения и подходи за поддържане, ремонт, реконструкция и ново строителство на пътища от различен клас. HDM-4 по същество е инструмент за подкрепа на вземане на решения, който позволява обработка на данни за цялата пътна мрежа и участниците в движението, с цел осигуряване на подходяща информация за дългосрочното управление на пътната инфраструктура, както и за оптимизиране на работите по поддръжка, рехабилитация и свързаните с тях разходи.

В **трети раздел на втора глава** като обобщение на трите инструмента, е направена съпоставка между основните характеристики на всеки от тях, които са представени в Таблица 2.

Таблица 2. Съпоставка между инструментите RTIM 3, HERS и HDM-4

Характеристика	RTIM 3 Модел за инвестиции в пътният транспорт	HERS Система за икономически изисквания на магистралите	HDM-4 Модел за развитие и управление на пътища
Разработен от	Лабораторията за транспортни и пътни изследвания на Обединеното кралство	Федерална пътна администрация, САЩ	Световна банка
Основни потребители	Използва се предимно в развиващите се страни, за приоритизиране на индивидуални пътни проекти в условия с ограничени ресурси.	Използва се предимно от федерални и щатски транспортни агенции.	Широко използван от национални правителства, международни агенции и консултанти по целия свят. Може да бъде адаптиран към различни географски и икономически контексти, което го прави подходящ както за развитите, така и за развиващите се страни.
Основно приложение	Прилага се за извършване на икономически оценки на отделни пътни проекти.	Анализ и оценка на инвестициите на ниво инфраструктура, основно в магистралната система на САЩ.	Анализ и оценка както на нови проекти, така и стратегии за управление съществуващата пътна инфраструктура.
Обхват	Икономическа оценка и приоритизиране на проекта.	Набляга на разпределението на ресурсите и приоритизирането на проектите от съществуващата инфраструктура въз основа на икономическа необходимост от реконструкция и подобрения.	Цялостен инструмент за планиране на изграждането и поддръжката на пътна инфраструктура и нейното управление, приложим в световен мащаб.
Ключов фокус	Фокусиран по-тясно върху оценката на икономическата възвръщаемост на пътните проекти.	Оптимизиране на разпределението на финансирането чрез икономически анализ, базиран на анализ на разходите и ползите.	Анализ и оценка на възможностите за поддръжка, реконструкция и строителство на пътища въз основа на разходите за определен жизнен цикъл.
Изисквания към входните данни	Използва по-ограничен набор от входни данни за да бъде „захранен“. Неговата насоченост е върху събирането на набор от информация за оценка на жизнеспособността на	Използва предимно данни от Системата за наблюдение на експлоатационните качества на магистралите (HPMS), които са специфични за магистралната мрежа на САЩ.	Използва широк набор от входни данни по отношение на състоянието на пътя, стандарти за пътна поддръжка, данни за трафика, данни за произшествията, климата.

Характеристика	<u>RTIM 3</u> Модел за инвестиции в пътният транспорт	<u>HERS</u> Система за икономически изисквания на магистралите	<u>HDM-4</u> Модел за развитие и управление на пътища
	проекта, а не върху подробното дългосрочно влияние на трафика и „поведение“ на настилката във времето.		
Приоритизиране на проекта	Подходящ за по-опростени икономически оценки и приоритизиране на проекти в контекст на ограничени ресурси.	Класира проектите за подобрене и реконструкция от съществуващата пътна инфраструктура въз основа на съотношението разходи и ползи и избира тези с най-висока възвръщаемост на инвестициите.	Взема предвид по-широк кръг от фактори свързани с техническите и финансови аспекти на проектите.
Основно предназначение	Предназначен да изчислява съотношенията разходи-ползи, за да идентифицира проекти с най-висока възвръщаемост.	Фокусът е върху поддържане качеството на настилката, минимизиране на задръстванията, времето за пътуване, безопасността и емисиите.	Задълбочено моделиране на трафика, влошаването на качеството на настилката, разходите за поддръжка и социалните разходи.
Анализ на сценарии	Предоставя възможност за анализ на сценарии, позволяващи да се оценят как различните променливи като цени на горива, темпове на икономически растеж и промяна в обема на трафика.	Предоставя ограничен анализ на сценариите, фокусиран върху различните нива на инвестиции и тяхното въздействие върху състоянието на магистралите.	Предлага обширен анализ на сценарии с опции за персонализирани променливи за тестване на промени в техническите и икономически параметри.
Анализ на чувствителност	По-общо ниво на детайлност, подходящ за оценки на ниво единичен проект.	Ограничен брой променливи, ориентиран към стратегическо планиране.	Възможност за комплексни анализи на чувствителност по множество фактори на проектно и мрежово ниво.

Източник: Авторско обобщение

След преглед на всеки от инструментите, като обобщение са направени следните изводи:

RTIM 3 е ориентиран към оценка на индивидуалния проект, без да позволява да се направи анализ на ниво пътна мрежа, като същевременно е подходящ за по-опростени икономически оценки и приоритизиране на проекти в среди с ограничени ресурси. Предвид специфичните особености и най-вече предвид обстоятелството, че неговата насоченост е по-

скоро към анализи на пътни обекти с не особено високо ниво на натоварване и експлоатирани в климатични условия твърде различни от тези в България, в автора се оформи становището, че тя не е достатъчно подходяща за целите на настоящото проучване.

HERS е приложима за държави, които имат достатъчно развита и изградена пътна инфраструктура, където необходимостта от реализиране на изцяло нови пътни проекти не е приоритет, а акцентът пада върху поддръжката на съществуващата пътна мрежа и нейното подобрене. Независимо от мащаба на анализите и възможностите, които системата предоставя, поради силната обвързаност с местната система за мониторинг на състоянието на пътищата, нейната адаптация към условия извън рамките на Съединените Щати е силно ограничена.

HDM-4 подпомага вземането на решения за цялостни инфраструктурни стратегии, свързани със строителство, поддръжка и рехабилитация, планиране на необходимостта от инвестиции и прогнозиране на паричните потоци, както на ниво мрежа така и на ниво отделен проект, като потребностите на пътища от републиканската пътна мрежа в най-голяма степен биха се удовлетворили от възможностите, които модела HDM-4 на Световната банка предоставя.

Във резултат на това и в изпълнение на основната цел на дисертационния труд е избран инструмент, който най-близко да отговаря на националните потребности и да служи като съвременен и ефективен инструмент за прогнозиране на паричните потоци и управление на инвестициите в пътната инфраструктура, а именно модела HDM -4 (*Highway Development and Management*). Авторът стига до заключението, че HDM-4 би бил по-приложим за държави като България, в които освен необходимостта от поддръжка на съществуващите пътища, пътната инфраструктура не е разгърнала в цялост своя потенциал. Това води до потребност от изграждането на нови пътни отсечки - магистрални, скоростни пътища, както и обходи на населени места, от които да бъде изведено голяма част от транзитно преминаващото движение. Това дава основания, именно този инструмент да е избран от автора като най-приложим и относим към настоящето изследване и съответно е разгледан и анализиран подробно.

В четвърти раздел на втора глава са описани общите характеристики на модела HDM-4, аргументирани са предимствата и възможности за приложение на избраният инструмент. Представени са подробно неговите функции, алгоритъм на действие и

анализите които могат да се извършват.

HDM-4 е инструмент позволяващ да се извършват технико-икономически анализи на алтернативни решения и подходи за поддръжане, ремонт, реконструкция и ново строителство на пътища от различен клас. Позволява разглеждането на опции за инвестиране само на един участък, на голяма мрежа от пътни участъци, или на всяка друга комбинация от пътни участъци в част от пътната мрежа. Моделира бъдещи изменения и критичните аспекти по време на проектния експлоатационен живот на пътя, като може да прогнозира бъдещо влошаване на разглежданите пътни участъци. Това включва прогнозиране влошаването на настилката под въздействието на фактора време и въздействието на участниците в движението, както и ефектите от поддръжка върху състоянието на настилката и степента на нейното влошаване. Той моделира взаимовръзките във времето между експлоатацията на превозните средства и влошаването на състоянието на пътя като част от оценката на въздействието на инвестициите в пътна инфраструктура върху разходите за експлоатация на превозните средства.

Въз основа на този модел се прогнозира паричните потоци свързани с транспортно експлоатационните разходи, разходите по поддръжка и експлоатация както на ниво единичен проект, така и на ниво пътна мрежа. HDM моделът може да изчисли настоящия размер на разходите на пътната агенция и разходите на ползвателите на пътната инфраструктура, чрез залагане на различни прогнозни дейности по поддръжка и рехабилитация за определен анализен период, с помощта на определен скотов процент (*Kerali, H.G.R., Stannard, E.E., and Odoki, J.B., 2000*).

Съответно, подобно на всеки друг аналитичен инструмент, HDM-4 изисква въвеждане и калибриране на входни данни, за да може да изгради своите вътрешни модели и да започне да функционира пълноценно.

За целите на горното е необходимо за всяко едно проучване да се създадат:

- Масиви от данни за **пътната мрежа**, които включват описание и характеристики на пътната мрежа, състояща се от един или повече пътни участъци и под-участъци.

- Масиви от данни за **движението**, които включват описание на представителните групи МПС с техните физически и динамични характеристики, цени и т.н.
- Масиви от данни за **дейностите** свързани с текущото и периодично поддържане и основен ремонт.

След “захранване” на моделът HDM-4 със съответното ниво на данни и входни параметри модулет за икономически анализ позволява да се:

- Извърши оценка за цялостния икономически ефект на инвестиционните алтернативи по време на целия им проектен срок;
- Определят общите нетни ползи (икономии) за обществото при избора на инвестиционните алтернативи/съответната инвестиционна стратегия;
- Определят най-ефективната инвестиция или комбинация от инвестиции измежду конкуриращи се алтернативи;
- Определят показателите за икономическа ефективност NPV (нетна настояща стойност), BCR (съотношение ползи-разходи), IRR (коефициент на възвращаемост) и срок за откупуване.

Широката концепция за HDM-4 може да се представи по следния начин: Потребителят дефинира серия от алтернативи, които описват различни опции за инвестиране и запазване на състоянието на пътя. Инвестициите оказват влияние върху състоянието на настилката във времето и разходите за поддръжка на пътя. Състоянието на настилката и условията на движение оказват влияние върху ефектите за ползвателя на пътя. Моделът прогнозира скоростите на движение и потреблението на транспортно-експлоатационните ресурси във времето като гориво, гуми и т.н. Умножаването им по единичните цени на отделните компоненти дава ефекта за ползвателите на пътя във времето. Чрез прогнозирането на паричните потоци и сравняването на резултатите от направените разходи от различни инвестиционни алтернативи позволява оценка на относителните предимства, икономии на разходи и ползи от различните алтернативи, като се използват икономически принципи. Взаимодействащите набори от разходи, а именно тези, понесени от пътната агенция и тези, понесени от ползвателя на пътя, се сумират с течение на времето в дисконтирани настоящи стойности.

В раздел пет на втора глава е акцентирано върху необходимостта и важността от калибрирането и адаптирането на модела HDM-4.

Като всеки друг аналитичен инструмент, и HDM-4, за да почне да изгражда своите вътрешни модели и за да “оживее” се нуждае да бъде снабден и съответно калибриран с входна информация. Известно е, че всеки един международно приет модел от типа на HDM-4 има нужда да се настрои към условията на съответната национална или регионална пътна мрежа. Преди да се използва HDM-4 в която и да е страна, той трябва да бъде конфигуриран и съответните модели за прогнозиране трябва да бъдат калибрирани така, че да отразяват местните условия.

Точността на прогнозираното състояние на настилката във времето и консумацията на ресурси от превозните средства зависи от степента на калибриране, приложена към стойностите по подразбиране, заложен в модела HDM-4, които отговарят на местните условия. Поради тази причина, ако калибрирането на местно ниво не се извърши, действителната тенденция на влошаване на настилката и прогнозираното от HDM влошаване могат да покажат големи разлики. По този начин неадекватното калибриране може да доведе до подценяване или надценяване на необходимият бюджет за пътища. (*Bennett & Paterson, 2000*).

Моделът HDM-4 има три нива на калибриране, като първото има най-висока степен на приложимост, а третото има по-скоро научно приложен характер.

В резюме следва да се отбележи, че параметрите имащи отношение към ефектите за ползвателите на пътя, резултиращи в разходи за потребителя за ниво 1 на калибриране са 28 броя, за ниво 2 на калибриране също 28 броя и за ниво 3 на калибриране – 30 броя. От друга страна параметрите имащи отношение към деградацията на настилката и ефекта от рехабилитационните работи за ниво 1 на калибриране са 33 броя, за ниво 2 на калибриране – 17 и 0 за ниво на калибриране 3. Параметрите, имащи отношение към трафика са само 3 броя от ниво 1. Параметрите имащи отношение към единичните цени са само от ниво на калибриране 1 и са 11 броя, а тези в икономическия раздел – 2 броя.

В раздел шест на втора глава е систематизиран оптимизационния механизъм на ефективност в модела HDM-4. Всеки един аналитичен инструмент предполага използването на множество и различни по вид математически и логически модели за да се прогнозира

състояние на пътя с течение на времето, средствата, необходими за осигуряване на съответното ниво на обслужване и размера на транспортно експлоатационните разходи. В HDM – 4 се използват следните модели: модел на движението; модел на пътни настилки; модел на строителните и ремонтни дейности (работни стандарти); модел за оценка на ползите; модел за икономически анализ;

В раздел седем на втора глава е описано необходимото информационно осигуряване, така че да може да се осъществяват анализите посредством инструмента HDM-4. Основните набори от данни, изисквани като входни данни за HDM-4 анализи, са категоризирани, както следва:

i) Данни за пътната мрежа, включващи: геометрични характеристики, тип настилка, якост и състояние на настилката и условия на експлоатация;

(ii) данни за пътните работи, съдържащи исторически записи на извършените работи по различни пътни участъци, данни свързани с планираните строителни и ремонтни работи и дейности по текущото и периодично поддържане и свързаните с тях единични разходи.

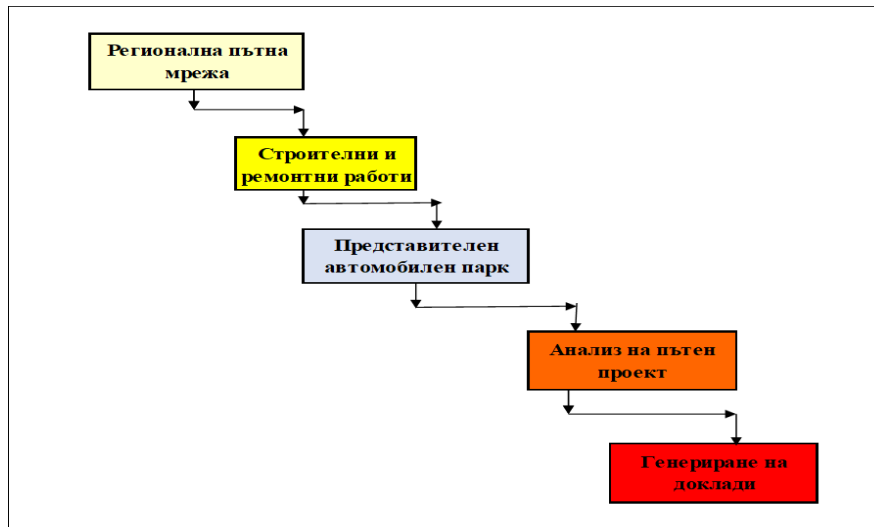
(iii) данни за автомобилния парк: физически характеристики на представителните групи моторни превозни средства, характеристики на натоварването на превозното средство, годишен пробег и експлоатационен живот, както и данни за експлоатационни разходи на представителните групи моторни превозни средства;

iv) данни за движението, включително подробности за състава, обемите и темповете на нарастване, видовете скоростни потоци на движение по всеки пътен участък;

v) атмосферни условия, характеризиращи разглеждания географски район.

vi) параметри на икономическия анализ, включително цената на времето, дисконтов процент и базова година.

На база входните данни, моделът анализира даден пътен или пътни проекти и генерира съответните доклади с извършени анализи. Общата схема на модела може да бъде представена по следния начин (фигура 1):

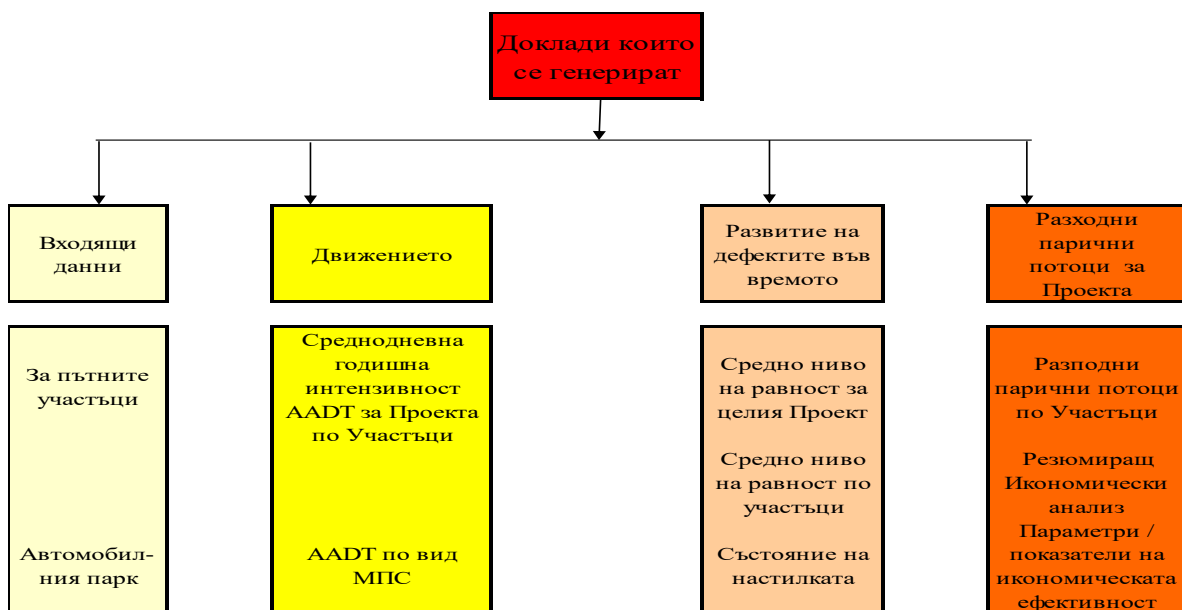


Фигура 1. Обща схема на модела HDM-4

Източник: по идея на автора

В осми раздел на втора глава са обобщени изходните данни на модела. На база вградените в модела емпирични и аналитични зависимости е възможно в табличен вид да се изведе значителен обем информация, а именно: данни за движението, данни свързани с загубата на работоспособност на пътя и настилката, данни по отношение на въздействието върху ползвателите на пътната мрежа, парични потоци и икономическа оценка.

Схематично докладите, които могат да се генерират от модела са представени на фигура 2.



Фигура 2. Групи доклади, които се генерират от модела

Източник: по идея на автора

В девети раздел на втора глава са разгледани класовете на чувствителност на модела HDM-4 към входните данни за установяване на най-критичните елементи в анализа. Условно в модела могат да се разграничат параметри с четири класи на чувствителност, показани в Таблица 3.

Таблица 3. Класове на чувствителност на модела HDM-4

Влияние	Клас на чувствителност (S)	Еластичност
Високо	I	Над 0.50
Средно	II	0.20 – 0.50
Ниско	III	0.05 – 0.20
Незначително	IV	Под 0.05

Източник: HDM-4 Documentation Series, Volume 5, (PIARC)

В тази връзка е важно да се знае общото ниво на чувствителност на модела към всеки параметър, така че да може да се обърне подходящо внимание на важни параметри и по-малко да се наблегне на вторичните. Тези данни или коефициенти на модела с умерено до високо въздействие (S-I и S-II) трябва да получат най-голямо внимание. Елементите с ниско до незначително въздействие (S-III и S-IV) трябва да получат внимание само ако времето или ресурсите позволяват. Обикновено се приемат стойностите на HDM-4 по подразбиране за S-III и S-IV елементи, тъй като те обикновено ще дадат адекватни резултати.

В десети раздел на втора глава е направено обобщение на модела HDM-4. Формулирани са изводи относно ползите от внедряването му на национално ниво и съответно от разработване на методология за развитие и управление на пътищата въз основа на модела, който да се адаптира към условията на България.

В резюме HDM-4 дава възможност да се:

- направи икономическа оценка на съответния инвестиционен проект;
- анализират стратегии за строителството на нови пътища, реконструкцията, рехабилитацията и поддържането на съществуващи такива;
- направи оценка на икономическата ефективност от инвестицията на един отделен участък от път или на мрежа от пътни участъци;

- прогнозируют необходимите годишни разходи за ремонти и поддръжка за определен участък или пътна мрежа за определен период на анализ;

- прогнозира бъдещи критични /качествени/ изменения в поведението на пътя, които ще окажат въздействия върху ефективността на инвестицията, а именно:

- обем и състав на движението;
- влошаване състоянието на пътя;
- влиянието, което различните дейности по пътя ще имат върху неговото състояние;

- влиянието върху потребителите, което ще имат състоянието на пътя и вида на извършените по него мероприятия по отношение транспортно експлоатационните разходи на МПС, забавянето на пътниците и товарите, нивото на аварийност и тяхната цена.

На база посоченото до тук и имайки предвид, че един от актуалните проблеми, касаещи пътната инфраструктура в България е необходимост от разработването на системи и модели за управление, позволяващи анализиране на действителното състояние на пътните настилки и на тази база оптимално разпределение на средствата за строителство и ремонт, авторът е на мнение, че моделът HDM-4 на Световната Банка е приложим за България и би имало съществена ползата от внедряването му.

В изпълнение на задачите на настоящия дисертационен труд се разработва методология за развитие и управление на пътищата въз основа на модела HDM-4, адаптиран към националните условия, така че тя да служи като ефективен инструмент за прогнозиране на паричните потоци и оптимално управление на инвестициите в пътната инфраструктура на България.

ТРЕТА ГЛАВА

РАЗРАБОТВАНЕ НА МЕТОДОЛОГИЯ ЗА РАЗВИТИЕ И УПРАВЛЕНИЕ НА ПЪТИЩАТА В БЪЛГАРИЯ ВЪЗ ОСНОВА НА АДАПТИРАНЕ НА МОДЕЛА HDM-4: ПРИЛОЖЕНИЕ ВЪРХУ ПРИМЕРЕН ПЪТЕН ПРОЕКТ

В третата глава на дисертационният труд и в изпълнение на поставените цел и задачи, е разработена методология за развитие и управление на пътищата в България въз основа на избрания модел HDM-4, който е адаптирана към българските условия, чрез приложението му върху примерен пътен обект.

В първи раздел на трета глава е описан подходът за адаптиране и калибриране на модела HDM-4 към националните условия.

След направения анализ на модела HDM-4 е предложена методология за развитие и управление на пътищата която служи като инструмент за прогнозиране на паричните потоци и оптимално управление на инвестициите в пътната инфраструктура. Методологията се базира на калибриран и апробиран модел, адаптиран към условията в България чрез настройване на конфигурационните данни в съответствие с местните стандарти и практики. За целите на изследването са представени конкретни предложения за адаптиране и калибриране на модела HDM-4, които позволяват използването на подходящи данни по подразбиране при анализи на проекти на територията на страната. Подходът е представен чрез примерен пътен проект и включва:

- Определяне на ключовите характеристики на избраната пътната мрежа като функционална класификация, пропускателна способност, типове настилки, геометрични конструктивни характеристики (равност, носимоспособност и степен на разпространение на повърхностни дефекти);
- Определяне на основните характеристики на движението по избраната пътната мрежа, като среднодневна годишна интензивност (AADT), прогнозен трафик по направления за определен времеви хоризонт на база общи профилни преброявания;

- Определяне на представителен автомобилен парк по класове автомобили (леки, лекотоварни, товарни с 2 и 3 оси, съчленени /влекачи с ремарке с 5 или повече оси и автобуси);
- Представяне на данни за автомобилния парк (избран общо за страната), включително технически характеристики и характеристики на натоварването на превозното средство, използване и експлоатационен живот, експлоатационни характеристики като задвижваща мощност и спирачна мощност, както и разходи за единица ресурси на превозното средство;
- Представяне на данни за трафика, включително подробности за състава на превозните средства, обемите и темповете на нарастване на трафика, видовете скоростни потоци (градски, междуградски, магистрален тип) и почасовия модел на потока на трафика за всеки пътен участък.
- Определяне на климатичните и топографски особености в страната които засягат състоянието и „поведението“ на настилката в зоната на влияние на проекта, като надморска височина и необходимост от зимна поддръжка;
- Съобразно действащата нормативна уредба определяне на набор от стандарти за пътна поддръжка и ремонти като фрезоване, запечатване на пукнатини, изкърпване на дупки, поддръжка на банкети, пренастилане и др.
- Въз основа на актуална информация от НСИ, както и друга обществено достъпна информация определяне на параметри за транспортно-експлоатационни разходи, цена на труд, цена на материали, цена на гориво-смазочни материали, разходи за текущ ремонт и поддържане.

Във **втори раздел на трета глава** е представено експерименталното приложение на модела HDM-4 за оценка на примерен пътен проект.

Настоящото проучване има за цел да докаже приложимостта на модела HDM-4 като инструмент за прогнозиране на паричните потоци и оптимално управление на инвестициите в пътната инфраструктура на база направен технико-икономически анализ върху избрано от автора проектно трасе а именно скоростен път „Рила“ (или неговата алтернатива като

магистрала) по направлението „Кюстендил- Дупница – Самоков – ПВ Богородица – АМ „Тракия”/ АМ „Хемус”.

Скоростен път „Рила“ или неговата алтернатива - автомагистрала „Рила“ е предвидена да свързва автомагистралите Струма, Тракия и Хемус, чрез изграждането на нови пътни връзки между АМ Струма и АМ Тракия, АМ Тракия и АМ Хемус, АМ Струма и АМ Хемус. С изграждането на АМ Рила ще започне да функционира още една удобна пътна връзка между югозападна и източна България, която ще поеме транзита в това направление, като същевременно би съкратила времето за пътуване към и от ГКПП Кулата, Русе, Видин, пристанище Бургас и която би разтоварила транзитно преминаващото движение през гр. София.



Фигура 3. Скоростен път „Рила“ с трасе: „Кюстендил – Дупница – Самоков – ПВ Богородица – АМ „Тракия”/ АМ „Хемус”

Източник МРРБ

Възприетата в настоящото изследване методика включва събиране и анализ на данни за функционалното и структурно състояние на изследваните пътни участъци, както и анализ на трафика, който ползва тези участъци. История на предишни ремонти и рехабилитационни мероприятия, данните за трафика и пътните инциденти са получени по силата на ЗДОИ. Текущото състояние на тези участъци е определено на база полево обследване. Използвайки тези данни, е извършен технико-икономически анализ на ниво проект с Модела на Световната Банка НДМ – 4. Получените резултати са анализирани в това проучване.

От своя страна, за целите на един по-обширен анализ, дисертационния труд разглежда два варианта на реализация на проекта първият от който е условно наречен **Алтернатива 1**, а вторият наречен **Алтернатива 2**, всеки от които се съпоставя със сценария без проекта (базов сценарий).

В тази част на дисертационния труд са представени данните за пътната мрежа и участъците в зоната на влияние на проекта. Границите на зоната на влияния на проекта са определени от местоположението на бъдещите трасета на АМ Рила. По този начин може да се анализира движението което би ползвало новоизградените участъци, спрямо експлоатационни характеристики на тези участъци, както и да се направи съпоставка спрямо състоянието на съществуващите участъци и интензивността на трафика по тях. Водещи критерии при обособяването на представените пътни участъци, формиращи всяка от алтернативите са сходните геометрични параметри на трасетата, попадащи във определените участъци, както и предположението, че при началото и края на всеки от тези участъците съществува вероятност за вливане и/или отливане на движение, което ще даде отражение в интензивността на трафика. Т.е всеки участък е обособен като такъв или поради неговата хомогенност по цялото му продължение, като габарит, брой ленти и експлоатационно състояние и/или наличие на пътен възел/пътна връзка в началото и края му, като предпоставка за вливане и/или отливане на движение, което определя съответната интензивност по този участък.

Хипотезата за движението, представляваща така наречената „базова алтернатива“ е изградена върху съществуващи пътни участъци.

За пътищата в рамките на обхвата на проучването е извършено полево обследване на отделните пътни участъци. По отношение на геометрията са изведени данни за дължините на всеки от участъците, габарита на пътя състоящ се от брой ленти и тяхната ширина, допустимата скорост съгласно вертикалната сигнализация по тези участъци.

В таблица 4 са отразени номерата, наименованията и дължините на участъците, така както са въведени в HDM модела заедно с основните технически характеристики на съществуващи трасета, формиращи базовата Алтернатива. Описаните в таблицата технически параметри имат отношение към експлоатационните характеристики и към стандартите за поддръжка и ремонт на съответния участък .

Таблица 4. Наименования и технически параметри на участъците от Алтернатива 0 (Базова)

У-к №	От	До	Дължина (км)	Габарит (м)	Проектна скорост (км/ч)	Брой качвания и слизания (бр/км)	Средна надморска височина (м)
1.1	п.в Жерково (АМ Хемус)	п.в Яна (АМ Хемус)	11	23	130	1	480
1.2	п.в Яна (АМ Хемус)	п.в. СОП при АМ Хемус	7	23	130	1	485
1.3	СОП при АМ Хемус	СОП при п.в. АМ Струма (през северна скоростна тангента)	24	26	120	2	550
1.4	СОП на АМ Струма	п.в. Даскалово (АМ Струма)	19	23	130	2	750
1.5	п.в. Даскалово (АМ Струма)	п.в. Дупница (АМ Струма)	39	23	120	2	700
1.6	СОП при Горубляне (през Панчарево)	Самоков (Път II-82)	48	7	80	4	800
2.1	п.в Мухово на АМ Тракия	СОП с АМ Тракия	46	23	130	1	640
2.2	СОП при АМ Тракия	п. в. Бояна (през южна дъга на СОП)	15	26	80	3	650
2.3	п.в. Бояна на СОП	разклон с.Мърчаево (през бул. Цар Борис III)	11	11,5	80	3	700
2.4	разклон с. Мърчаево	п.в. Даскалово (АМ Струма)	6	15	90	3	760
3.1	п.в Мухово (при АМ Тракия)	Костенец (Път I-8)	12	7	70	4	680
3.2	Костенец (Път II-82)	Радуил (Път II-82)	16	7	80	4	80
3.3	Радуил (Път II-82)	Самоков (Път II-82)	21	7	60	6	1000
3.4	Самоков (Път II-62)	Дупница (Път II-62)	38	10,5	90	4	750

Източник: По идея на автора

По отношение на състоянието на съществуващата настилката за отделните пътни участъци са събрани следните данни: оценка на надлъжната равност, брой пукнатини, брой дупки, степен на нарушение на ръбовете на настилката, дълбочина на коловози и състояние на отводнителни съоръжения.

В таблица 5 са отразени данните свързани със състоянието на съществуващата настилка на отделните пътни участъци по горните показатели, така както са въведени в HDM модела. Следва да се отбележи, че за участъците попадащи в АМ Хемус, АМ Тракия, АМ Струма и северна скоростна тангента обследването е извършено и в двете посоки на движение, като дефектите по всяко платно присъстват средно тежестно при анализа на всеки участък.

Таблица 5. Състояние и установени дефекти по участъците от Алтернатива 0 (Базова)

У-к №	От	До	Равност на пътното покритие чрез стойност на IRI	Степен на развитие на пукнатини в %	Наличие на дупки (бр./км)	Разрушения в ръбовете на настилка (м ² /км)	Дълбочина на коловозите (мм)	Вид на отводняването
1.1	п.в Жерково (АМ Хемус)	п.в Яна (АМ Хемус)	4	7	0	4	4	Облицован окоп
1.2	п.в Яна (АМ Хемус)	п.в. СОП при АМ Хемус	6	5	1	1	4	Облицован окоп
1.3	СОП при АМ Хемус	СОП при п.в. АМ Струма (през северна скоростна тангента)	7	12	0	1	2	Необлицован окоп
1.4	СОП на АМ Струма	п.в. Даскалово (АМ Струма)	4	14	0	1	1	Комбинирано
1.5	п.в. Даскалово (АМ Струма)	п.в. Дупница (АМ Струма)	6	10	0	1	1	Комбинирано
1.6	СОП при Горубляне (през Панчарево)	Самоков (Път II-82)	12	20	6	10	6	Необлицовани окопи и участъци без отводняване
2.1	п.в Мухово на АМ Тракия	СОП с АМ Тракия	6	7	1	0	4	Облицован окоп
2.2	СОП при АМ Тракия	п. в. Бояна (през южна дъга на СОП)	5	4	1	0	2	Комбинирано
2.3	п.в. Бояна на СОП	разклон с.Мърчаево (през бул. Цар Борис III)	9	8	2	7	4	Комбинирано
2.4	разклон с. Мърчаево	п.в. Даскалово (АМ Струма)	6	2	0	2	2	Необлицован окоп
3.1	п.в Мухово (АМ Тракия)	Костенец (Път I-8)	5	4	2	7	3	Комбинирано
3.2	Костенец (Път II-82)	Радуил (Път II-82)	8	5	3	10	5	Необлицован окоп
3.3	Радуил (Път II-82)	Самоков (Път II-82)	12	30	4	11	5	Участъци без отводняване
3.4	Самоков (Път II-62)	Дупница (Път II-62)	4	0	0	0	2	Комбинирано

Източник: По идея на автора

Освен информация относно действителното състояние на изследваните участъци, моделът НDM-4 също така изисква данни за предходни ремонти и рехабилитационни мероприятия. За целта беше поискана официална информация от АПИ съгласно ЗДОИ (писмо до АПИ с вх. № ЗДОИ-47/15.05.2024г. и отговор с изх. № РД-ОИ-48/29.05.2024) относно датата на последните основни ремонти или реконструкция на участъците от републиканската пътна мрежа, в чийто обхват попадат определените хомогенни пътни участъци, предмет на анализа на базовата Алтернатива.

За целите на изграждането на новите връзки са разгледани две Алтернативи, съответно **Алтернатива 1 – представляваща магистрала** и **Алтернатива 2 – представляваща скоростен път**. Алтернатива 1 ще представлява по-оптимистичния вариант и който разглежда трасето като магистрален габарит Г27 и максимална допустима скорост 120 км/ч, а Алтернатива 2 ще разглежда трасето като скоростен път с габарит Г 23,50 и максимална допустима скорост 110 км/ч. Основните геометрични и технически параметри, за всяка от Алтернативите, са съобразени с изискванията на утвърдената и действащата в моментна нормативна база, а именно НАРЕДБА № РД-02-20-2 от 28 август 2018 г. за проектиране на пътища на МРРБ.

За целите на калибрирането на модела към местни условия следва да бъде разработен набор от стандарти за поддръжка, които да моделират рутинната и периодична поддръжка, която трябва да се извършва на различните пътни участъци.

В зависимост състоянието на отделните участъци, съществуващи и новоизградени, се предвижда изпълнението на различни по вид и сложност ремонтни работи, чрез прилагане на определени за целта стандарти за ремонт и поддръжка. Определянето на стандарти за превантивно поддържане и прагове на интервенция, трябва да бъде направено с особено внимание, защото те се явяват “лостът”, с който може да се отложи във времето едно усилване или реконструкция, без да се допусне разрушаване на покритието.

Съобразно действащата нормативна уредба са разработени набор от стандарти за видове рутинна и периодична поддръжка, както са определени критериите и праговете на интервенция, при които тези стандарти да се задействат. Следвайки горните препоръки, за подобряване на пътните участъци се предвижда периодично пренастилане с изпълнение на еднопластово асфалтобетонно покритие от 40 мм в интервали от 10 до 15 години., тъй като

това е максимално допустимия (пределен) период след който е невъзможно поддържане на добро състояние на настилката само с кърпежи. Междувременно са предвидени стандарти за текущ ремонт и поддръжка, които включват запълване на дупки, запечатване на пукнатини и ремонт на ръбове на настилката и които стандарти се задействат като функция от интензивността на преминаващото движение и съответно степента на деструктивното му влияние върху настилката. Заложените в модела разходите за текущ ремонт и поддръжка са на база единични цени, взети от Справочник на цените в строителството, издание на СЕК „бр. 1/2023“.

За новоизградените участъци са заложи индикативни капиталови разходи, необходими за изграждането на новите връзки. Предвид отсъствието на количествена сметка, заложените в модела стойности за Алтернатива 1 са на база цени, използвани за изграждане на магистрални участъци със сходни характеристики в последните години, а именно АМ „Люлин“ (понастоящем част от АМ „Струма“), АМ „Струма“ и АМ „Хемус“, като е взета средна цена на километър.

За Алтернатива 2 (изграждането на скоростен път) е използвана цена на километър от изграждането на скоростен Път I-1 (E-79)“ Мездра -Ботевград“.

И двете алтернативи включват изграждането на 2000м тунел през планина Верила, поради планинския терен на местността Клисура, така че геометрията на трасето да отговаря на критериите за автомагистрала или нейната алтернатива скоростен път. При определяне на цената на метър за изграждане на тунели, като опорна точка е взета цената на тунел „Железница“, който е последно построеният тунел в България и е с такава дължина

Използваните цени са взети от официалната интернет страница на Агенция „Пътна инфраструктура“ и са обобщени от автора в таблица 6. Всички използвани стойности са посочени в Евро (без включено ДДС).

Таблица 6. Договорни стойности и цени за км строителство на завършени пътни проекти от Републиканската пътна мрежа

Проект	Цена в Евро за строителство	Обща дължина	Цена в Евро на км
АМ "Люлин" (понастоящем част от АМ "Струма" от км 0+000 до км 19+200)	185 000 000	19,2	9 635 417
АМ Струма лот 3.1 (от км 174+800 до км 194+122)	70 526 580	12,6	5 597 348
АМ Марица Лот 1 о Лот 2 (от км 5+000 до км 70+620)	203 810 385	65,6	3 106 866
Средна цена на километър за Магистрала			6 113 210
Път I-1 (E-79) Мездра -Ботевград (от км 174+800 до км 194+600)	107 216 911	19,8	5 414 996
Цена на километър за Скоростен път			5 414 996
Тунел "Железница" на АМ "Струма"	90 088 836	2	45 044 417,97
Цена на километър за Тунел с две тръби			45 044 417,97

Източник: По данни от АПИ. Профил на купувача <https://www.api.bg/bg/profil-na-kupuvacha-sled-30-dekemvri-2014/>, посетен на 17.10.2023г., и обобщение от автора

В таблица 7 (Алтернатива 1) и таблица 8 (Алтернатива 2) са отразени номерата на участъците, така както са въведени в HDM модела, заедно с дължините и прогнозните стойности на капиталните вложения на новите участъци, формиращи алтернативите.

Таблица 7. Дължини на участъци и размер на капиталните вложения за Алтернатива 1 - Магистрала

Връзка №	У-к.№	Направление от	До	Км	Капитални вложения за изграждане на участъка в Евро
1	A1.1	Потоп (п.в Жерково) при АМ "Хемус"	Нови хан при АМ "Тракия"	17	103,921,000.00
2	A1.2	Нови хан при АМ "Тракия"	п.в Богородица при язовир "Искър"	21	128,373,000.00
3	A1.3	п.в Богородица	Самоков	18.5	113,090,500.00
4	A1.4	Самоков	Клисура	16	97,808,000.00
4	A1.5	Тунел "Клисура"		2	90,088,836.00
4	A1.6	тунел Клисура	Дупница	20	122,260,000.00
5	A1.7	п.в Богородица при язовир "Искър"	п.в. Мухово при АМ Тракия	19	116,147,000.00
				Общо	771,688,336.00

Източник: По идея на автора

Таблица 8. Дължини на участъци и размер на капиталните вложения за Алтернатива 2 - Скоростен път

Връзка №	У-к №	Направление от	До	Км	Капитални вложения за изграждане на участъка в Евро
1	В1.1	Потоп (п.в Жерково) при АМ "Хемус"	Нови хан при АМ "Тракия"	17	92,055,000.00
2	В1.2	Нови хан при АМ "Тракия"	п.в Богородица при язовир "Искър"	21	113,715,000.00
3	В1.3	п.в Богородица	Самоков	18.5	100,177,500.00
4	В1.4	Самоков	Клисура	16	86,640,000.00
4	В1.5	Тунел "Клисура"		2	90,088,836.00
4	В1.6	тунел Клисура	Дупница	20	108,300,000.00
5	В1.7	п.в Богородица при язовир "Искър"	п.в. Мухово при АМ Тракия	19	102,885,000.00
			Общо	113.5	693,861,336.00

Източник: По идея на автора

Прогнозите за паричните потоци на проекта следва да обхващат период, подходящ за икономически полезния живот на проекта и вероятното му дългосрочно въздействие. Броят на годините, за които се предоставят прогнози, следва да съответства на времевия хоризонт (или референтния период) на проекта.

За сектор пътища Европейската комисия препоръчва референтен времеви хоризонт 25-30 години. Съобразявайки се с тази препоръка, икономическия модел е изграден при условията на 25 годишен анализен период. След този период се предполага, че новоизграденото трасе, независимо от остатъчната му стойност и приложените във времето стандарти за поддръжка и подобрения, ще се нуждае от цялостна реконструкция или рехабилитация, което е предмет на нов проект и респективно нов анализен период.

В настоящето проучване, ефективността на потенциалната инвестиция за изграждане на ново трасе ще се разгледа в **аспекта на икономите от транспортно експлоатационните разходи, спестеното време за пътуване и намалените инциденти** (коефициенти на аварийност), които биха се реализирали при условие, че определена част от прогнозируемите транспортни потоци, ползващи съществуващите пътища между АМ Хемус и АМ Струма, както и между АМ Тракия и АМ Струма (понастоящем в голяма степен преминаващи през гр. София) биха се прехвърлили по новоизградената АМ Рила. За тази цел е необходимо да се анализират хипотезите на движение и да се моделират пътно-транспортните потоци.

За да бъде извършен анализ на ползите от дадена алтернатива е необходимо първо да се определят транспортните натоварвания по съществуващото положение (базовата алтернатива) в началото на анализния период и да се направят прогнози за темпове на нарастване за целия период на анализа.

За определяне на съществуващите транспортни натоварвания по базовата алтернатива беше извършено проучване на автомобилното движение по пътищата в зоната на влияние, по които се придвижва трафикът в това направление. За целта беше поискана официална информация от АПИ съгласно ЗДОИ относно данни за среднодневна годишна интензивност на движението за 2022 г. и 2023 г. от автоматичните записващи пътниятрафик устройства (АУЗПТ) находящи се на територията на ОПУ София, ОПУ Перник и ОПУ Кюстендил (писмо до АПИ с вх. № ЗДОИ-47/15.05.2024г. и отговор с изх. № РД-ОИ-48/29.05.2024).

На база обработените данни годината 2022 е приета за изходна, като тя представя действителната интензивност на движението по тези участъци. Въз основа на анализиранияте данни от предходни години, авторът е разработил прогнозите за годишния темп на нарастване от 2022 г. нататък до края на анализния период.

Уточнен е първоначалният състав на различните превозни средства и е направена прогноза за годишният темп на нарастване на всеки тип превозно средство за всеки пътен участък. Прогнозите за интензивността на движението са извършени на база налични данни за преброявания на превозните средства от пътната агенция от предходните 5 години, а именно от 2017г до 2021г и предвиден един относително умерен ръст на икономиката, като същите са съставени за целия анализен период.

На база горното, в началния период 2023-2032 г. се предвижда ръст на леките и товарни автомобили от 3% годишно, в периода 2033-2042 г. от 3,5% на година, а в края на анализния период 2043-2047 от 4% на година. При автобусите се предвиждат по-ниски прогнозни коефициенти, тъй като в страната ни има добра снабденост с този вид превозни средства, както и нарастващата тенденция към употребата на лични автомобили, поради което не се очаква голям ръст. Определените прогнозни коефициенти за автобусите са 1% годишен ръст за периода 2023-2032 г. 1,5% годишен ръст за периода 2033-2042 г и 2% за периода 2043-2047 г.

Следва да се има предвид, че прогнозите за нарастването на трафика, се базират на изходни данни за интензивност от период с нехарактерен спад в обемите на движение, поради Ковид ограниченията в периода 2020-2022 г, което е валидно за всички пътища в страната.

За да се анализират ползите от дадена алтернатива е необходимо също така да се определят очакваните транспортни натоварвания по всяка от проектните алтернативи (Алтернатива 1 и Алтернатива 2) в началото на анализния период и съответно да се направят прогнози за темпове на нарастване за целия период на анализа.

Това движение ще представлява отклонено от съществуващите до момента „обходни“ трасета, което се очаква да се прехвърли по новото трасе, в резултат на реализацията на проекта. Към него ще се добави и допълнително ново привлечено движение, произтичащи от реализацията на проекта, осъществено от хора, които изобщо не са пътували преди проекта, или от съществуващи потребители, които ще пътуват по-често заради ползите от реализацията на проекта.

Таблица 9 представя прогнозната интензивност на отклоненото и привлечено движение по новоизградените участъци, с ефект от 2027 г, в резултат на реализирането на инвестицията. За целите на един по „олекотен“ анализ, началната интензивност по участъци, както и темповете на нарастване са идентични и за двете алтернативи.

Таблица 9. Прогнозна СДГИ по участъци за Алтернатива 1 и Алтернатива 2

Връзка 1 - Участък: Потоп (п.в Жерково) при АМ "Хемус" до Нови хан при АМ "Тракия"													
Година	Леки автомобили		Автобуси		Лекотоварни автомобили		Средно товарни		Тежкотоварни автомобили		Товарни автомобили с ремарке		Общо МПС
	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	
2027	4440		60		420		180		60		840		6000
2032	5106	3	63	1	483	3	207	3	69	3	966	3	6894
2037	6000	3.5	68	1.5	568	3.5	243	3.5	81	3.5	1135	3.5	8094
2042	7049	3.5	73	1.5	667	3.5	286	3.5	95	3.5	1334	3.5	9504
2047	8459	4	80	2	800	4	343	4	114	4	1600	4	11397

Връзка 2 - Участък: Нови хан при АМ "Тракия" до п.в Богородица при язовир "Искър"													
Година	Леки автомобили		Автобуси		Лекотоварни автомобили		Средно товарни		Тежкотоварни автомобили		Товарни автомобили с ремарке		Общо МПС
	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	
2027	5120		80		560		240		480		1520		8000
2032	5888	3	84	1	644	3	276	3	552	3	1748	3	9192
2037	6918	3.5	90	1.5	757	3.5	324	3.5	649	3.5	2054	3.5	10792
2042	8129	3.5	97	1.5	889	3.5	381	3.5	762	3.5	2413	3.5	12672
2047	9755	4	107	2	1067	4	457	4	915	4	2896	4	15196

Връзка 3 - Участък: п.в Богородица при язовир "Искър" до Самоков													
Година	Леки автомобили		Автобуси		Лекотоварни автомобили		Средно товарни		Тежкотоварни автомобили		Товарни автомобили с ремарке		Общо МПС
	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	
2027	5400		270		630		450		540		1710		9000
2032	6210	3	284	1	725	3	518	3	621	3	1967	3	10323
2037	7297	3.5	305	1.5	851	3.5	608	3.5	730	3.5	2311	3.5	12101
2042	8574	3.5	328	1.5	1000	3.5	714	3.5	857	3.5	2715	3.5	14188
2047	10288	4	360	2	1200	4	857	4	1029	4	3258	4	16993

Връзка 4 - Участък: Самоков - Дупница													
Година	Леки автомобили		Автобуси		Лекотоварни автомобили		Средно товарни		Тежкотоварни автомобили		Товарни автомобили с ремарке		Общо МПС
	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	
2027	12000		600		1400		1000		1200		3800		20000
2032	13800	3	630	1	1610	3	1150	3	1380	3	4370	3	22940
2037	16215	3.5	677	1.5	1892	3.5	1351	3.5	1622	3.5	5135	3.5	26892
2042	19053	3.5	728	1.5	2223	3.5	1588	3.5	1905	3.5	6033	3.5	31530
2047	22863	4	801	2	2667	4	1905	4	2286	4	7240	4	37763

Връзка 5 - Участък: п.в Богородица при язовир "Искър" до п.в. Мухово при АМ Тракия													
Година	Леки автомобили		Автобуси		Лекотоварни автомобили		Средно товарни		Тежкотоварни автомобили		Товарни автомобили с ремарке		Общо МПС
	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	
2027	3840		240		420		360		180		960		6000
2032	4416	3	252	1	483	3	414	3	207	3	1104	3	6876
2037	5189	3.5	271	1.5	568	3.5	486	3.5	243	3.5	1297	3.5	8054
2042	6097	3.5	291	1.5	667	3.5	572	3.5	286	3.5	1524	3.5	9436
2047	7316	4	320	2	800	4	686	4	343	4	1829	4	11295

Източник: Изчисления на автора

Поради това, че в двете алтернативи е използвана една и съща прогнозна интензивност, съответно с едни и същи коефициенти на нарастване по години, разликата между двете алтернативи се явява в различната геометрия и респективно различната им строителна стойност. След уточняване на обема транспортни потоци, които потенциално ще се възползват от инвестицията, е направен анализ за определяне на движението, което ще остане по съществуващите участъци от базовата алтернатива, в следствие от прехвърляне на част от движението по новоизградените трасета.

За да се оцени влиянето върху пътната безопасност в резултат на някакво подобрене на даден път или изграждане на изцяло нов проект, е необходимо да се остойности всяко произшествие в зоната на влияние, диференцирано по тежест, така че съответно да могат да бъдат изчислени ползите или разходите, произлизащи от реализацията на дадено инвестиционно намерение. За тази цел необходимите входните данни в модела за изчисляване на стойността на безопасността са:

- Брой изминати километри на превозните средства годишно със и без предложени проект;
- Брой на произшествията настъпили за година, съотнесени към милион километри превозно средство за съответния пътен участък;
- Среден брой леки наранявания, тежки наранявания и смъртни случаи на година за съответния пътен участък;
- Специфична за страната парична стойност за леко нараняване, тежко нараняване и настъпил смъртен случай;

За целите на настоящото проучване, по реда на ЗДОИ, от Министерство на вътрешните работи, е поискано информация относно броя настъпили ПТП-та в зоната на влияние на изследваните участъци (писмо рег. № 812104-299/22.07.2024 г.). Въз основа на получените данни са изчислени коефициентите на аварийност за всеки пътен участък съгласно формулата за относителния показател на аварийност U_r , посочена в *Наредбата за процедурите за управление на безопасността на пътната инфраструктура*, а именно:

$$U_r = (Z \cdot 1\,000\,000) / (T \cdot Q \cdot L) \text{ [бр. ПТП/1 млн. авт. Км]}, \text{ където: } \{ \text{Формула 1} \}$$

Z е броят на ПТП, настъпили в установения УКПТП за едногодишен период от време;

Q – среднодневна годишна интензивност на движението за същия период от време (бр. МПС за денонощие);

L – дължина на пътния участък (км);

T – брой на дните, за които са настъпили Z на брой ПТП-та, т. е. $T = 365$.

Резултатите за съществуващите участъци от базовата алтернатива са представени в таблица 10 и са съответно въведени в модела.

Таблица 10. Коефициенти на аварийност по съществуващите участъци (Базова Алтернатива)

УЧАСТЪК		Дължина (L)	СДГИ 2022 г (Q)	Базов Алтернатива (0)			
				Общо	Ранени	Убити	Мат.щети
№	от-до			Ur y-к	Ur	Ur	Ur
1.1 §1.2	АМ "Хемус" от п.в. "Жерково" до СОП	18	30387	34.06	3.51	0.00	30.55
1.4	АМ "Струма" от СОП на АМ Струма до п.в. Дупница	19	25435	29.48	0.57	0.57	28.35
1.5	АМ Струма от п.в. Даскалово до п.в. Дупница	39	23500	24.81	3.89	0.90	20.03
1.6	Път II -82 от СОП южна дъга при Горубляне до Самоков	48	4828	21.28	1.18	2.36	17.73
2.1	АМ „Тракия от п.в. Мухово до СОП	46	33571	37.79	1.77	0.18	35.84
3.1	Път I-8 от п.в. Мухово при АМ "Тракия" до Костенец	12	2200	134.91	10.38	0.00	124.53
3.2 § 3.3	Път II -82 Костенец-Радуил-Самоков	37	1826	20.52	1.14	2.28	17.10
3.4	Път II -62 от Самоков до Дупница	38	6000	21.63	8.41	4.81	8.41

Източник: По данни на МВР и изчисления на автора

За да могат алтернативите да бъдат съпоставими по между си е необходимо също така да се прогнозираят коефициенти на аварийност и за новоизградените трасета, разгледани в Алтернатива 1 и Алтернатива 2.

За целите на такъв анализ, обичайно се ползват показатели на представителни участъци от същия клас път, който най-близко отговаря по параметри, геометрия и транспортно-експлоатационни характеристики на разглежданите нови такива. В настоящия анализ са използвани данни от участъка „СОП при АМ Струма до п.в. Даскалово“ от базовата алтернатива поради относително сходните характеристики на този участък с новоизградените участъци. Коефициентите на аварийност са изчислени на база прогнозния трафик, който се предполага, че ще ползва всеки от новите участъци и е съотнесен спрямо конкретните дължини на всеки от тези участъци. Резултатите са представени в таблица 11.

Таблица 11. Прогнозни коефициенти на аварийност по участъци за Алтернатива 1 и Алтернатива 2

Връзка №	УЧАСТЪК от-до	Дължина (L)	СДГИ 2022 г (Q)	Алтернатива 1 & 2			
				Общо	Ранени	Убити	Мат.щети
				Ur y-к	Ur	Ur	Ur
1	АМ "Хемус" - АМ "Тракия" (при Нови Хан)	17	6000	139.67	2.69	2.69	134.30
2	АМ "Тракия" (при Нови Хан) - п.в "Богородица"	21	8000	84.80	1.71	1.71	81.38
3	п.в "Богородица" - Самоков	18.5	9000	85.57	1.65	1.65	82.27
4	Самоков - Клисура	38	20000	18.75	0.86	0.86	17.03
5	п.в "Богородица" - АМ "Тракия" (п.в Мухово)	19	6000	124.97	2.40	2.40	120.16

Източник: по идея на автора

На базата на съществуващи научни изследвания на европейско ниво и препоръките на Наръчника за оценка на външните разходи в транспорта при оценката на външните разходи за пътна безопасност се имат предвид стойности за оценка на възникналите външни разходи за едно пострадало лице, като общата сума, която плаща обществото за загуба на един човешки живот при ПТП в България към 2022 г. е **2 166 645** евро. Съответно цялата стойност, плащана от обществото при едно ПТП с тежки наранявания, е **305 387** евро, а при такива с леки наранявания – **23 562** евро. В тези суми не се отчитат материалните разходи, свързани с увреждане на други превозни средства, товари, повреди по инфраструктурата и други материални щети. Те се считат за покрити от механизмите на задължителните и доброволни транспортни застраховки (Николова, Х., 2023).

Тези парични стойности са въведени в модела, съответно за всеки вид ПТП. По този начин моделът дава възможност да се направи оценката на въздействието на едно инвестиционно намерение върху пътната безопасност, като позволява да се съпоставят данни по отношение степента на пътно-транспортния травматизъм при изграждането на новите трасета, спрямо съществуващите към момента трасета, попадащи в зоната на влияние на проекта, изразени в числово-стойностен вид.

Както вече беше посочено, движението е основен параметър при изграждането на модела. В тази връзка са използвани 6 броя класове, съгласно БДС 16578, а именно: леки лекотоварни /обслужващи/, товарни с 2 оси, товарни с 3 оси, съчленени /влекачи с ремарке с 5 или повече оси/ и автобуси. Мотоциклетите не са включени в анализът, тъй като те оказват пренебрежимо малко деструктивно влияние върху пътната настилка и не влошават особено капацитета на пътя по отношение на неговата пропускателна способност.

На база статистически данни, данните за покупки на нови и употребявани автомобили, в проучването са използвани следните представителни марки моторни превозни средства за всеки един от класове автомобили за 6-те вида МПС, със съответните им експлоатационни, технически и динамични характеристики и съответно транспортно експлоатационните им разходи, актуални към 2023г .

- Клас леки автомобили – **Опел Астра**
- Клас лекотоварни /обслужващи – **Пежо Партнер**
- Клас товарни автомобили с 2 оси, над 3,5т – **МАН**

- Клас товарни автомобили с 3 оси – **ИВЕКО 140**
- Клас съчленени /влекачи с ремарке с 5 или повече оси/ – **Мерцедес АКТРОС 1840**, с полу-ремарке
- Клас Автобуси – **Скания Ирizar**

Моделът също така изисква при залагане на стойностите относими към представителния автомобилен парк да се зложат стойности по отношение на оценка на времето на пътниците пътуващи по работа и оценка на времето на личните пътувания. Това позволява да се оцетният загубите или респективно спестяването на време за пътуване, което е една от най-значимите ползи, които могат да възникнат от изграждането на нова или подобряването на съществуващата транспортна инфраструктура.

Разходите свързани с „цената на времето“ са съобразени с параметрите заложиени в насоките на Европейската комисия за изготвяне на анализи разходи-ползи „*Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects*” – *economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020*“ и „*Указания за изготвяне на АРП в транспортния сектор, 2008*“ като са взети конкретно от Доклада от „Извършване на национално проучване за определяне цената на времето“, изготвено по линия Оперативна програма „техническа помощ“ 2007-2013.

Изчислените стойности на цената на времето за лични и бизнес пътувания, съответно градски и извънградски превози са посочени в таблица 12.

Таблица 22. Средна национална цена на времето

Вид дейност	Мерна единица	Стойност
Средна национална цена на времето (на база на средните цени на бизнес и личните пътувания и пропорционалното разпределение между двата вида)	лв/ час	7,55
Лични пътувания за градски превози	лв/ час	4,88
Лични пътувания за извънградски превози	лв/ час	7,22
Лични пътувания – средна цена	лв/ час	6,02
Бизнес пътувания за градски превози	лв/ час	12,03
Бизнес пътувания за извънградски превози	лв/ час	18,04
Бизнес пътувания – средна цена	лв/ час	15,04

Източник: Доклад за национално проучване „Извършване на национално проучване за определяне цената на времето“

За да се осигури съпоставимост между разходите и ползите, възникващи в различни периоди, те следва да бъдат дисконтирани. В литературата са предложени различни подходи за оценка на социалния сконтов процент. Подходът, който се препоръчва тук, е социална норма на времево предпочитание. Това се определя като степента, с която потребителите са готови да отложат единица текущо потребление в замяна на повече потребление в бъдеще (*European Commission, 2021-2027*).

Съгласно приложение III към Регламента за изпълнение относно формуляра за кандидатстване и методологията за АРП, за програмния период 2014—2020 г. Европейската комисия препоръчва за социалния дисконтов процент да се **използват 5 %** за големи проекти в **кохезионните държави** и 3 % за останалите държави членки. Държавите членки могат да определят референтен показател за СДП, който е различен от 5 % или 3 % (*European Commission 2014*).

Следвайки горните указания настоящия анализ е извършен при условията на препоръчания от сконтов процент от **5%**.

В трети раздел на трета глава са представени резултатите и са формулирани изводи от анализа на примерния пътен проект.

Технико-икономическият анализ се изразява в сравнението на ефектите от всяка алтернатива (всяко вариантно решение) с базовия вариант. Резултатите от анализа са обобщени от автора и представена в таблица 13 и таблица 14.

Таблица 33. Обобщение на икономическите показатели за 25-годишен период на анализа (в милион евро)

Алтернатива	Настояща стойност на общите разходи понесени от пътната агенция	Повишение в разходите на пътната агенция	Икономия в разходите на ползвателите на пътя	Нетна настояща стойност (NPV)	Съотношение ползи/разход и (BCR)	Вътрешна норма на възвръщаемост (IRR)
Базов сценарий	274,786	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Алтернатива 1 – Автомагистрала	969,708	694,97	838,43	143,5	0,148	6,7
Алтернатива 2 – Скоростен път	890,91	616,17	922,85	306,73	0,344	7,6

Източник: Авторско обобщение, извлечено от модела HDM-4

Таблица 44. Икономически анализ за 25-годишен период (в милион евро)

	Повишение в разходите на пътна	Икономия в разходите на ползвателите на пътя			Нетни икономически ползи
	Капиталови разходи и разходи за поддръжка	Експлоатационни разходи	Разходи за време при пътуване	Разходи за злополуки	
Алтернатива 1 – (Автомагистрала) съпоставена спрямо Базов случай	694,97	562,7	202,23	73,5	143,5
Алтернатива 2 – (Скоростен път) съпоставена спрямо Базов случай	616,17	668,2	190,99	63,66	306,73

Източник: Авторово обобщение, извлечено от модела HDM-4

Резултатите от направения анализ, така както са резюмирани в таблиците по-горе, дават основание да се направят следните изводи:

Повишените разходи за пътната агенция, свързани с изграждането и поддържането на магистрала (Алтернатива 1) са в размер на 694 970 000 евро спрямо базовия сценарий, а за скоростния път (Алтернатива 2) - в размер на 616 170 000 евро.

От друга страна преките социално-икономически ползи, произтичащи от реализацията на проекта било то с изграждането на магистрала (Алтернатива 1) или скоростен път (Алтернатива 2), ще бъдат:

- намаляване на оперативните разходи (транспортно-експлоатационните разходи) на превозните средства, които използват новите трасета и от там намаляване на разходите на ползвателите на пътя
- спестяване на време за пътуване;
- намаляване на разходите за злополука.

За Алтернатива 1 (магистрала) спестените разходи за ползвателите са в размер на 838 424 000 евро, а за Алтернатива 2 в размер на 922 850 000 евро.

За определяне обаче на точната година в която NPV (нетна настояща стойност) за **Алтернатива 1** става положителна, т.е. нетните ползи от проекта надхвърлят инвестициите и проектът става рентабилен, икономическите показатели са представени освен за

анализният период на проекта от 25 г, също и за анализни период от 18,19,20,21,22,23 и 24 години. Тази информация е обобщена от автора и представена в таблица 15.

Таблица 15. Обобщени икономически показатели на Алтернатива 1 (магистрала) спрямо Базовата алтернатива за различни анализни периоди

Анализен период	Скотов процент	Нетна настояща стойност (NPV) Евро (хил)	Норма на възвръщаемост (IRR) %	Ефективност (NPV/C)
25 години	5	143,504	6.7	0.148
24 години	5	118,118	6.4	0.123
23 години	5	80,526	6.0	0.085
22 години	5	44,305	5.6	0.047
21 години	5	23,941	5.4	0.026
20 години	5	-0,172	5	-0.000
19 години	5	-34,084	4.5	-0.038
18 години	5	-61,296	4.0	-0.070

Източник: Собствен анализ по показатели, получени от модела HDM-4

За определяне на точната година в която NPV (нетна настояща стойност) за **Алтернатива 2** става положителна , т.е. нетните ползи от проекта надхвърлят инвестициите и проектът става рентабилен, икономическите показатели са представени освен за анализният период на проекта от 25 г, също и за анализни период от 18,19,20,21,22,23 и 24 години. Тази информация е обобщена от автора и представена в таблица 16.

Таблица 16. Обобщени икономически показатели на Алтернатива 2 (скоростен път) спрямо Базовата алтернатива за различни анализни периоди

Анализен период	Скотов процент	Нетна настояща стойност (NPV) Евро (хил)	Норма на възвръщаемост (IRR) %	Ефективност (NPV/C)
25 години	5	306,731	7.6	0.344

Анализен период	Скотов процент	Нетна настояща стойност (NPV) Евро (хил)	Норма на възвръщаемост (IRR) %	Ефективност (NPV/C)
24 години	5	260,325	7.3	0.295
23 години	5	204,740	6.9	0.237
22 години	5	140,972	6.4	0.164
21 години	5	96,965	6.0	0.114
20 години	5	50,750	5.6	0.061
19 години	5	1,134	5.0	0.001
18 години	5	-48,446	4.4	-0.061

Източник: Собствен анализ по показатели, получени от модела HDM-4

От този анализ следва, че инвестицията за Алтернатива 1 се откупува на **21-вата** година, а инвестицията за Алтернатива 2 се откупува на **19-тата** година.

С цел онагледяване на прогнозата на паричните потоци за всяка година от анализния период, авторът е обобщил в таблица 17 информацията за разходите на пътната агенция и на ползвателите на пътя, за всички участъци, за всяка от разглежданите алтернативи.

Таблица 17. Парични потоци от разходите на пътната агенция и на ползвателите на пътя за Алтернатива 1, Алтернатива 2 и Базов сценарий за анализирания период (в милион евро)

Година	Алтернатива 1 - Магистрала		Алтернатива 2 - Скоростен път		Базов сценарий - Без проект	
	Разходи на пътната агенция	Разходи на ползвателите на пътя	Разходи на пътната агенция	Разходи на ползвателите на пътя	Разходи на пътната агенция	Разходи на ползвателите на пътя
2023	217,29	1 198,00	197,83	1 198,00	60,24	1198,00
2024	183,76	1 134,50	165,21	1 134,50	0,01	1123,01
2025	216,75	1 113,44	199,09	1 113,44	9,21	1102,61
2026	166,67	1 081,79	149,85	1 081,79	15,11	1082,02
2027	17,15	1 011,73	17,15	1 387,33	2,76	1068,20
2028	37,12	988,98	37,13	967,59	37,13	1057,13
2029	0,00	972,87	0,00	948,43	0,03	1031,66

Година	Алтернатива 1 - Магистрала		Алтернатива 2 - Скоростен път		Базов сценарий - Без проект	
	Разходи на пътната агенция	Разходи на ползвателите на пътя	Разходи на пътната агенция	Разходи на ползвателите на пътя	Разходи на пътната агенция	Разходи на ползвателите на пътя
2030	4,21	960,23	4,21	935,69	4,21	1015,81
2031	16,93	947,36	16,96	922,75	16,92	997,85
2032	0,00	925,16	0,00	900,72	0,00	968,67
2033	3,97	910,98	3,97	886,56	3,97	950,32
2034	0,01	897,34	0,01	872,93	0,04	932,84
2035	18,84	884,03	10,15	859,43	18,83	920,18
2036	16,79	868,80	21,99	847,10	28,32	905,08
2037	8,83	851,95	8,83	828,37	0,01	883,38
2038	20,38	836,54	20,37	813,33	28,04	869,66
2039	0,02	825,92	0,02	803,05	0,01	861,14
2040	15,67	816,46	15,67	793,66	0,01	850,73
2041	24,17	802,37	23,64	780,26	15,96	840,93
2042	2,01	787,25	0,01	763,39	3,34	822,82
2043	8,77	776,31	8,76	754,45	2,44	809,61
2044	10,86	764,96	8,79	743,60	0,02	798,87
2045	8,92	756,22	3,47	734,35	10,80	793,15
2046	10,31	751,54	13,64	730,43	17,38	784,51
2047	- 39,65	734,14	- 35,78	713,31	0,01	769,10
Общо	969,75	22 598,89	890,96	22 514,46	274,79	23 437,30

Източник: Авторово обобщение, извлечено от модела HDM-4

Тази информация дава възможност да се определи година по година размера на необходимите средства за поддръжка на всеки участък така, че пътя да се поддържа в добро експлоатационно състояние за целия референтен период. По този начин използването на модела служи като инструмент за прогнозиране на паричните потоци и оптимално управление на инвестициите в пътната инфраструктура.

Следва да се отбележи, че отрицателната стойност в разходите на пътната агенция за последната година от анализния период, а именно 2047 г., при реализация на двете алтернативи, представлява остатъчна стойност на актива, която не се използва в рамките на анализа. Тя отразява стойността на оставащия експлоатационен живот на последната

рехабилитация, която не е използвана в рамките на анализа, и се включва като отрицателна стойност, за да се отчете коректно в икономическите оценки.

Предвид изложеното аспектите от анализа са в две направления:

- Може да се определи кога ще се откупи инвестицията;
- Може да се прогнозира и планира размера на необходимите средства за всяка

година от периода на анализа, за всеки участък, така че да се поддържа пътя в максимално добро състояние.

В четвърти раздел на трета глава е направено обобщение и са формулирани препоръки при използването на методологията за развитие и управление на пътища основана на модела HDM-4.

Прилагането на методологията за развитие и управление на пътища, основана на модела HDM-4, осигурява изграждането на прогнозен модел, който симулира година по година условията на движение по изследван път/пътни участъци и прогнозира разходите през анализния период за серия от алтернативи (технически решения за ново строителство и/или ремонт), определени от потребителя с възможност за приложение на национално ниво. Моделът дава информация за оптималните средства необходими по години за времето на анализния период, така че разглежданите пътни участъци да бъдат подържани в добро експлоатационно състояние. Моделът предоставя възможност за прогнозиране на паричните потоци, което позволява систематично планиране на разходите, оценка на ефективността на инвестициите и идентифициране на алтернативата с най-висока социално-икономическа полза. Сравняването на генерираните при различните алтернативи разходи позволява да се оценят предимствата и ползите от зададените варианти на технически решения, както и да се изчисли срокът на откупуване на вложените инвестиции, като функция от икономията в транспортно-експлоатационните разходи на ползвателите на пътя. За целите на един по-разширен анализ, моделът позволява да се остойностят загубите от ПТП, при наличие на данни за настъпилия брой произшествия и от там да се оцени социалния ефект, в допълнение на чисто икономическия такъв.

Важно е да се отбележи, обаче че ефективността от приложението на модела, се изразява основно във възможността да се прогнозира паричните потоци, които биха се генерирани във времето, така че да се оптимизира управлението на инвестициите в пътна

инфраструктура при конкретни условия. По този начин ще се даде и предвидимост на инвестициите (разходите), от които съответния пътен участък би имал необходимост, така че да бъде запазен в добро експлоатационно състояние за периода на анализа. Този аргумент, трябва да бъде взет предвид, при провеждането на анализ разходи-ползи за големи и стратегически инфраструктурни проекти, за чието изграждане са необходими огромни капитални вложения и чийто „чист“ икономически резултат в края на анализния период може и да не се окаже положителен, но пък социалните, геополитически и други дългосрочни ползи се предполага, че биха оправдали изграждането на такъв проект. В този случай, използването на модела HDM-4 ще даде възможност за прогнозиране на бъдещите инвестиции, необходими за поддръжката на този обект, така че тези средства да бъдат предвидими както по размер така и по години.

Известен факт е, че отложените ремонти биха генерирали по-големи разходи в бъдещи периоди. В тази връзка, ако се спазва ритмичността за влягане на средства за поддръжка, генерирана от модела, по съответните периоди, освен, че разходите ще бъдат предвидими, те ще бъдат и оптимизирани. Така ако всички потребности са удовлетворени през годината „X“, тогава ще има по-малко потребности през следващите години.

Въз основа на проведения експериментален технико-икономически анализ на примерен пътен проект, чрез апробиране на ефективността на калибрирания и адаптиран модел HDM-4, авторът препоръчва използването на методологията за развитие и управление на пътищата като инструмент за прогнозиране на паричните потоци и оптимално управление на инвестициите в пътната инфраструктура.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инвестициите в пътната инфраструктура играят ключова роля за прогреса и социално-икономическото развитие на всяка страна и на всеки отделен регион. В икономически аспект автомобилния транспорт увеличава производството, оборота и работните места в секторите, свързани с транспортната дейност. В социален аспект пътищата допринасят за откриване на нови производства, подобряване на достъпността, социалните контакти, образованието, медицинското обслужване, повишаване на доходите, спиране на процеса на обезлюдяване (*Михайлов, Н., 2014*).

Подобряването на експлоатационното състояние на пътно-транспортната мрежа реализира определен социално-икономически ефект, като осигурява понижаване на транспортно-експлоатационните разходи, намаляване на времето за пътуване, както и намаляване на аварийността по пътищата. Поддържането, модернизацията и доизграждането на пътната инфраструктура обаче изисква огромни инвестиции. Поради тази причина оптималното управление на инвестициите в пътната инфраструктура е ключово за осигуряване на дългосрочната ефективност и устойчивост на транспортната система. За да се осигури оптимално управление на инвестициите, е необходимо те да бъдат анализирани, прогнозираны и съответно разпределени във времето в рамките на определен анализен период. За определянето на целесъобразността, обаче е нужна и информация за ползвателите на пътната инфраструктура, които понесат определени разходи, свързани с нейното използване.

От друга страна неправилното планиране на поддръжката и развитието на пътната мрежа водят до значително увеличение на пътнотранспортните произшествия, затормозяване и задръстване на трафика по пътищата, които са с изчерпана или на границата на изчерпване пропускателна способност. Всичко това води до значителни загуби за транспортната дейност и за цялата икономика.

Тъй като ресурсите за публични инвестиции в пътната инфраструктура са ограничени, е от изключителна важност тези средства да се изразходват рационално. Като приоритет трябва да се решат проблемите по най-натоварените и опасни отсечки от републиканската пътна мрежа, като се вземат необходимите мерки за своевременната

реализация на проектите и програмите за ремонт, рехабилитация, реконструкция и доизграждане на пътна мрежа. За целта е необходим ефективен инструмент за разработването на стратегии за управлението на пътната инфраструктура на национално ниво, който да подпомогне в идентифицирането на настоящите и бъдещите нужди на населението и икономиката, така че да се оптимизират инвестициите в отговор на тези нужди.

Относно своевременната поддръжка на пътищата е важно да може да се предвиди размера на средствата, необходими за всяка година, като те от своя страна бъдат планирани на база действителни нужди, така че пътищата да се поддържат в максимално добро състояние. Това ще способства да бъдат удовлетворени потребностите от поддръжка и ремонт на даден път, възпрепятствайки неговото влошаване, така че да не се генерират последващи по-високи разходи в резултат от отложените ремонти. По този начин подобриенето в управлението на пътната инфраструктура се изразява във възможността за пренасочване на средства към превантивна поддръжка и съответно намаляване на отложената рехабилитация.

По отношение доизграждането и разширяването на пътната мрежа, необходимо е да се използват методи за сравняване на алтернативни проекти, чрез икономически анализи, за да се определят тези варианти на проекти, които ще имат най-голямо въздействие върху икономиката и общественото благосъстояние. Това предполага да има действащ модел който да даде възможност да се извършат прединвестиционни проучвания за осъществимост на даден проект на база технико-икономически анализи, които да защитят или да отхвърлят дадено проектно решение, свързано с изграждане на нови участъци, уширението на съществуващи такива на база действителен и прогнозен трафик, така че да се оправдае реалната необходимост от дадена инвестиция. Това предполага да се разгледат серия от алтернативи, измежду които да се избере най-оптималната. По този начин направените капитални вложения ще се възвърнат в относително кратки срокове, нещо което е основно изискване при планиране, програмиране и финансиране на инвестиционните проекти, а ползите за обществото ще са значителни. Това може да бъде определено на база срокът на откупуване на инвестицията, който ще даде информация кога капиталовите разходи и разходите за поддръжка ще започнат да генерират ползи за

ползвателите, изразени в икономия от транспортно-експлоатационни разходи, спестени разходи от време за пътуване и остойностена намалена аварийност.

За целите на горното, действащата в България „Методиката за определяне на икономическата ефективност на проекти в пътното строителство“ от 1990 г. вече не отговаря на съвременните условия и потребности и на практика е неприложима. Необходимо е нова методология, която да осъвремени и надгради тази Методиката.

Поради тази причина би било целесъобразно в България да има ефективен инструмент, който да подпомага пътната агенция да извършва краткосрочно и дългосрочно планиране на разходите за поддръжка и развитие на пътищата и който да е в съответствие с действителните нужди на пътната мрежа.

В тази връзка и в изпълнение на основната цел на дисертационния труд са проучени и анализирани утвърдени в международната практика инструменти за планиране и управление на инвестициите в пътната инфраструктура. В резултат от извършения анализ е избран инструмент, чиито възможности в максимална степен биха удовлетворили потребностите на пътища от републиканската пътна мрежа. В изпълнение на задачите на дисертационния труд е разработена методология за развитие и управление на пътища на база модела HDM-4, като практически приложим инструмент за прогнозиране на паричните потоци и оптимално управление на инвестициите в пътната инфраструктура на България.

В хода на изследването моделът е калибриран и адаптиран към националните условия, снабден с необходимите входни данни и апробиран върху примерен пътен проект. Въз основа на този процес е разработена методология за неговото практическо прилагане.

За изпълнението на тази задача е извършено полево обследване на състоянието на определени участъци от републиканската пътна мрежа, попадащи в зоната на влияние на анализирания проект. Събрани са данни по отношение на геометричните характеристики и установените дефекти по тези участъци, като също така са поискани и официални данни от Агенция „Пътна инфраструктура“ за периода на извършаване на последните ремонти. Съобразно действащата нормативна уредба са разработени набор от стандарти за видове рутинна и периодична поддръжка, както са определени критериите и праговете на интервенция, при които тези стандарти да се задействат. Анализирана е интензивността на

автомобилното движение по участъците в зоната на влияние съобразно получената официална информация от АПИ, в резултат на което е разработен модел с прогноза на интензивността за 25-годишния период на анализа. На база получена официална информация за настъпилите ПТП-та по тези участъци, са определени коефициентите на аварийност. Избран е представителен за страната автомобилен парк по класове превозни средства, който е представен с техническите характеристики, имащи отношение към анализите. За целите на проведения анализ, въз основа на актуална информация от НСИ, както и друга обществено достъпна информация, са определени параметрите на транспортно-експлоатационни разходи, цена на гориво-смазочни материали, цена на труд, цена на материали, разходи за текущ ремонт и поддържане. В резултат на проведените проучвания е определена цената на времето, както и цената която обществото плаща в резултат на настъпилите различните по тежест видове ПТП-та.

Вследствие на експерименталното приложение на модела върху примерния пътен проект, получените и анализирани резултати, авторът препоръча използването на методологията за развитие и управление на пътища, базирана на адаптирания модел HDM-4 като инструмент за прогнозиране на паричните потоци и оптимално управление на инвестициите в пътната инфраструктура.

Безспорно е, че за да функционира ефективно такъв инструмент, ще е необходим голям информационен и времеви ресурс, но прилагането му би подпомогнал, дори разрешил ключови проблеми в изграждането, модернизирването и поддържането на пътната инфраструктура в дългосрочен план, така че да се следват националните стратегически и европейски посоки на развитие.

За съжаление състоянието на пътищата в България продължава да изостава от нуждите и очакванията на обществото. То е далеч от това, което в Западна и Централна Европа разбират под качествена и добре поддържана пътна инфраструктура. Налице са дори тенденции към ново забавяне в темповете на ремонт на пътната мрежа, поради ограничаване на финансовите ресурси и трудно разбираеми за обществеността административни препятствия.

Тази негативна тенденция може да се подобри чрез прилагане на методология за развитие и управление на пътищата на база модела HDM-4, с която може да се даде

възможност за предвидимост на инвестициите в по-дългосрочен план така, че да се оптимизират средствата за поддържането на цялата пътна инфраструктура. Ползите от прилагането на такава методология биха били от голямо значение за правилното насочване и равномерното разпределение на финансовите средства в пътната инфраструктура и за икономиката на страната.

В тази връзка използването на този инструмент може да подпомогне най-вече администрацията, управляваща Републиканската пътна мрежа в лицето на Агенция „Пътна инфраструктура“ за вземането на решения относно необходимост от изграждане на нови участъци, планиране на навременна рехабилитация и реконструкция на съществуващи такива и изготвянето на стратегия за оптимална поддръжка във времето. Това би позволило на пътната агенция да извършва средносрочно и дългосрочно планиране на разходите за развитие и поддръжка и да проучва инвестиционните намерения по пътищата на България, разполагайки с ефективен инструмент за оптимално управление на инвестициите и прогнозиране на паричните потоци в пътната инфраструктура.

Като резултат, този инструмент ще съдейства да се подобри състоянието и развитието на пътния сектор чрез подобряване безопасността и комфорта на републиканските пътища, като едновременно с това се минимизират общите транспортни разходи за ползвателите и съответно се реализират икономии за обществото.

След калибрирането на модела HDM-4 към националните условия, неговото захранване с необходимите входни данни и апробиране върху примерен пътен проект, основната теза бе потвърдена, а именно че може да се създаде ефективен механизъм за предвидимост и планиране на инвестициите в по-дългосрочен план, като по този начин се оптимизират средствата, необходими за изграждането и поддържането на пътната инфраструктура.

Този процес доведе до разработването на методология за практическото приложение на модела, осигуряваща ефективен инструмент за прогнозиране на паричните потоци и оптимално управление на инвестициите в пътната инфраструктура. Въз основа на проведеното изследване може да се заключи, че поставената цел и конкретните задачи на дисертационния труд са успешно реализирани.

Списък с приносите на дисертационния труд

I. Научно-теоретични приноси:

- На базата на задълбочен литературен анализ е извършен систематичен преглед и сравнителен анализ на основни характеристики и елементи на прилагани от теорията и в практиката инструменти за прогнозиране на паричните потоци и управление на инвестициите в пътната инфраструктура с оглед подобряване състоянието на републиканската пътна мрежа.
- Чрез синтез на приложими теоретични модели за оценка ефективността на инвестициите и за прогнозиране на паричните потоци е предложен авторов модел, оптимизиращ удовлетвореността на потребителите на пътища от републиканската пътна мрежа.

II. Приложни и методически приноси:

- На базата на задълбочен приложен и статистически анализ от реализираното емпирично изследване на примерен пътен проект чрез използване на реални данни от Агенция „Пътна инфраструктура“ и Министерство на вътрешните работи предложеният модел HDM-4 е адаптиран и калибриран към националните условия.
- На основата на приложни обобщения е изготвена сравнителна оценка на различни алтернативи при различни параметри на примерен пътен проект и на тази основа е предложен работен инструментариум за прогнозиране на паричните потоци при оценка на пътни проекти като е използван и авторов метод за измерване на ефективността на инвестициите в пътищата.
- При синтез на данните от целево проучване са предложени приложими в българските условия подходи за остойностяване на ефектите върху ползвателите на пътната инфраструктура. На тази основа, при използване на авторова методология за оценка на развитието и управлението на пътищата, е систематизиран и предложен, адаптиран към националните условия, модел за прогнозиране на паричните потоци и оптимално управление на инвестициите в пътната инфраструктура на България.

Списък с публикации по темата на дисертационния труд

1. Христова, Д. „Механизъм за ефективно поддържане на пътната инфраструктура чрез осигуряване на актуализирана методика за планиране на навременни ремонти на пътищата в България“, Юбилейна научна конференция по случай 50 години от създаването на катедра „Икономическа социология“, 29 април 2025 г., Сборник с доклади. Номер ISBN: 978-619-232-903-7
2. Христова, Д. „Методологията НDM-4 като инструмент за прогнозиране на инвестициите в пътищата и управление на пътната инфраструктура на България“, научно списание „Механика Транспорт Комуникации“, том 23, брой: 1/2025 г., статия № 2643. Номер ISSN:1312-3823
3. Христова, Д. „COVID-19: Въздействия и предизвикателства пред транспортния сектор и отговор на пандемията от пътни и транспортни агенции“ Международна научна конференция на тема „Тенденции и стратегии за възстановяване на икономическата и обществената система след пандемията от Covid-19“ 15-17 март 2023 г., Сборник с доклади, ISBN 978-619-232-750-7, стр. 249- 255

DILYANA YULIANOVA TYUFEKCHIEVA HRISTOVA

**TOOLS FOR CASH FLOW FORECASTING AND OPTIMAL
MANAGEMENT OF INVESTMENTS IN THE ROAD INFRASTRUCTURE
OF BULGARIA**

ABSTRACT

of a dissertation for the award of the educational and scientific degree "**doctor**"
in scientific field 3. Social, economic and legal sciences, professional field **3.8**
Economics and management (transport)

Scientific supervisor:

Assoc. Prof. Daniel Yordanov, PhD

2025

The dissertation is structured into an introduction, three chapters, and a conclusion, and comprises a total of 267 pages, including 182 pages of main text, 10 pages of references, and 75 pages of appendices. The text includes 26 tables, 13 figures, and 5 formulas. The bibliography contains 116 sources, 57 of which are in English.

The dissertation has been discussed and directed for defense by the Department of Economics of Transport and Energy at the Faculty Economics of Infrastructure of the University of National and World Economy - Sofia.

The author of the dissertation was assigned to the Department of Economics of Transport and Energy at the University for National and World Economy on 08.03.2022 with Order No. 979 of April 12, 2022, as a part-time doctoral student.

Scientific Jury:

Prof. Dr. Hristina Lazarova Nikolova
Assoc. Prof. Dr. Tashko Yordanov Minkov
Prof. Dr. Daniela Dimitrova Todorova
Prof. Dr. Donka Dimitrova Zhelyazkova
Prof. Dr. Eng. Nikolay Karev Karev

Reserve Members:

Assoc. Prof. Dr. Borislav Stefanov Arnaudov
Assoc. Prof. Dr. Iliya Dobromirov Gatovski
Assoc. Prof. Dr. Nina Ivanova Gergova
Assoc. Prof. Dr. Silvia Aleksandrova Hristova

The public defense of the dissertation will take place on 20 February 2026 at 2:00 p.m. in the Scientific Councils Hall (No. 2032A) at UNWE.

The materials for the defense are available to the interested parties in the library of the UNWE.

1. General characteristics of the dissertation

Relevance of the Topic

Economic growth is often reflected in the intensive development of road transport. The dynamic increase in the vehicle fleet and the annual growth of traffic volumes lead to increasingly intensive use of the national road network. The requirements for comfort, safety and efficiency also rise, which increases the demands placed on pavement performance.

Bulgaria's road map for Europe begins with the national road infrastructure. While this map is a constant criterion, road condition is a variable that changes over time. With or without traffic load, roads deteriorate over time. Hence, the roads are dynamically changing their condition, deteriorating in terms of structural capacity, safety and operational characteristics. At the same time, roads in poor condition, not only reduce travel safety, but also lead to an increase in vehicle operating costs. Such roads also require a reduction in the design speed, which results in an increase in travel time, as well as diminished travel comfort. On the other hand, the significant increase in the number of vehicles generates traffic congestion. Therefore, in order to reduce traffic congestion, the construction of new road infrastructure, as well as the improvement of the existing one, yield long-term economic and social benefits. By improving the road transport network, the following can be achieved: 1) reduction in transport and operating costs; 2) reduction in travel time; 3) reduction in road accidents; 4) reduction in traffic jams and others.

The construction and maintenance of road infrastructure is carried out primarily with public funds, provided by the state budget, the European Union or other financing institutions. These are public expenditures that should be invested in the most effective way.

Overall, over the last 20 years, the Republic of Bulgaria has invested less in the road sector than other EU countries for rehabilitation and construction.

The relevance of the issues examined in the dissertation is determined by the public benefit in ensuring that the roads in Bulgaria maintain their operational characteristics for as long as possible, while the funds necessary for their construction and maintenance are timely planned, targeted and optimized.

On the other hand, timely road maintenance aims to limit further deterioration of the road network, reduce traffic accidents and reduce the need for subsequent higher costs as a result of

postponed repairs. Accordingly, funds for construction and maintenance of the road network must be optimally allocated to ensure safe and reliable operation..

This requires an effective tool for forecasting cash flows needed for maintaining and developing the national road infrastructure, which would assist in identifying current and future needs so as to optimize investments in response to these needs.

Since the funds required for the construction and repair of roads and their facilities are of vast scale, their timely planning is important, in order to ensure their availability over time. This is especially important for the repairs and maintenance of roads, which if not carried out on time, their condition progressively deteriorates. Practice shows that in Bulgaria, to a large extent, repairs and rehabilitation are carried out only when a road becomes practically unusable or, in extreme cases, a road accident occurs. By that point, however, the road has deteriorated to such an extent that the funds required for its restoration are multiple times higher, and the vehicle operating costs for road users are significantly increased when using infrastructure of this nature.

Conversely, if a maintenance programme is predefined for a given analysis period and the costs of required works over time are estimated, the necessary resources can be predicted for specific road section or road sections. This would enable investment planning, both for the feasibility study stage and for existing road infrastructure.

Objectives and Tasks

The purpose of the dissertation is to offer a modern and effective tool for forecasting cash flows and managing investments in road infrastructure, thus improving the development and condition of the road sector in the context of national goals in order to minimize total transport costs and to generate savings for citizens, businesses and society. The concretization of the objective is expressed in the development of an author's methodology for road development and management, based on a proposed and adapted to the national conditions model, which will serve as an effective tool for forecasting cash flows and optimal management of investments in the road infrastructure of Bulgaria. The proposed methodological framework of the dissertation research provides a scientifically based methodological scheme and a practically applicable tool for assessing and planning investments, related to the development and management of the road infrastructure in the country. The objective is achieved through the following main set of tasks:

- Determination of the key characteristics of the road network within the scope of the study such as functional classification, pavement types, geometric design characteristics, traffic flow capacity, accident rates, etc.;
- Determining the main characteristics of traffic on the road network within the scope of the study, such as intensity (annual average daily traffic) and growth rates (annual increase in total traffic volume);
- Determining a representative national vehicle fleet and defining its physical and operational characteristics;
- Based on current information from the National Statistical Institute, as well as other publicly available information, determination of vehicle operating costs, labor costs, construction materials costs, fuel and lubricants prices, maintenance costs, value of travel time and the monetary valuation of accident losses;

During the implementation of the tasks set in the course of the research, the effectiveness of the methods for performing technical and economic analyses has been checked and verified by studying the possibilities and implementing a methodology for road development and management, based on a proposed model, which would serve as a tool for optimal investment management and forecasting of cash flows in the road infrastructure.

In carrying out the tasks set during the research will be checked and verify / have verified and verified the effectiveness of the methods in performing technical and economic analyses by exploring the possibilities and implementing a methodology for road development and management, based on a proposed model, which will serve as a tool for optimal management of investments and forecasting of cash flows in the road infrastructure.

Object of the research is the condition and development of the road infrastructure of the Republic of Bulgaria. More specifically, the object of the research is limited to individual projects for construction and/or rehabilitation of elements of the road infrastructure, for which the proposed methodological framework generates data on forecast cash flows. This allows to verify the tool for optimal management of investments in Bulgaria's road infrastructure. In particular, the study of the road infrastructure is limited to the study of the republican road network falling within the area of influence of the studied sample project. The research covers the period from 2022 to 2024.

The subject of the scientific research is the optimization of investment management in the road infrastructure of Bulgaria, through the implementation of a modern approach for investment

management based on established world practices. Investment management is expressed through the use of a system of indicators for evaluating the effectiveness of financial resources in the analysis of projects in the national road network under specific conditions. This enables the forecasting of cash flows and optimizing the necessary resources for the construction and maintenance of the road infrastructure, in order to achieve maximum socio-economic effect from the investments made.

The main thesis, examined and validated in the course of the research, is that by the use of the developed methodology for road development and management in Bulgaria, an effective mechanism for predictability and long-term investment planning can be created, thus optimizing the financial resources needed for the construction and maintenance of the road infrastructure.

dissertation seeks to provide applicable knowledge that improves the development and condition of the road sector. This is achieved through the verification of an effective tool for forecasting cash flows needed for the maintenance and construction of national road infrastructure. The benefits of this tool are to assist in identifying current and future needs and to allow determining the effectiveness of investments, while simultaneously aiming to minimize the total transport costs for road users and, accordingly generating savings for society.

Research methods: The research employs methods of theoretical generalization, statistical analysis, forecasting, quantitative and comparative methods, as well as observation and measurement. Based on conducted analyses and comparisons, conclusions and recommendations are formulated. For processing, analyzing and graphically presenting the data, the software products Word and Excel are used, along with photographic documentation.

The information sources for the study was collected from literature sources, scientific publications, regulatory and strategic documents. Data used in the practical section were obtained in accordance with the Access to Public Information Act from the Road Infrastructure Agency (letter No. ZDOI-47/15.05.2024) and the Ministry of Interior (letter No. 812104-299/22.07.2024). Data and information from own (author's) empirical research were also used.

Potential users of the research are the Road Infrastructure Agency (RIA), the Regional Road Administrations and the Ministry of Regional Development and Public Works (MRDPW) . In this regard, the use of the methodology can mainly assist the administration managing the Republican road network, represented by the Road Infrastructure Agency, by providing it with an effective tool for forecasting cash flows and managing investments in road infrastructure.

2. Content of the dissertation

INTRODUCTION

CHAPTER ONE: THEORETICAL FOUNDATIONS OF ROAD INFRASTRUCTURE AND INVESTMENT MANAGEMENT

1. Essence, purpose and key definitions related to roads, road traffic and transport infrastructure
2. Transport policies in the context of national strategies
3. Characteristics of road pavements and their deterioration over time
4. Investments in road infrastructure
5. Economic evaluation of road projects

CHAPTER TWO: TOOLS FOR FORECASTING CASH FLOWS AND MANAGEMENT OF INVESTMENTS IN ROAD INFRASTRUCTURE

1. Methodology for determining the economic efficiency of investment projects in road construction as a tool for planning and managing investments in road infrastructure
2. Applicable tools for cash flow forecasting and investment management in road infrastructure
3. Comparison between RTIM 3, HERS and HDM-4 tools
4. General characteristics of the HDM-4 model
5. Calibration and adaptation of the HDM-4 model
6. Optimization mechanism of effectiveness in the HDM-4
7. Data input of the HDM
8. Model output data
9. Sensitivity analysis of HDM-4
10. Summary of HDM-4

CHAPTER THREE: DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR ROAD DEVELOPMENT AND MANAGEMENT IN BULGARIA BASED ON ADAPTATION OF THE HDM-4 MODEL: APPLICATION TO A SAMPLE ROAD PROJECT – CASE STUDY

1. Approach for adapting and calibrating the HDM-4 model to national conditions
2. Experimental application of the HDM-4 model for evaluating a sample project
3. Results and conclusions from the analysis of a sample road project
4. Summary and recommendations for using the HDM-4 based methodology

CONCLUSION

LIST OF CONTRIBUTIONS

APPENDICES

REFERENCES

3. Brief presentation of the dissertation

CHAPTER ONE

THEORETICAL FOUNDATIONS OF ROAD INFRASTRUCTURE AND INVESTMENT MANAGEMENT

The **first section of the first chapter** examines the purpose of roads, road traffic and transport infrastructure. Based on literature sources, the main concepts relevant to the topic are defined. The importance of the roads of the Republic of Bulgaria and their connection with European international roads is determined. The road is examined as a complex engineering facility with its respective functions and characteristics.

In the broad sense, the road, as a main component of transport, represents a strip of space along which the movement of vehicles (rolling stock) takes place. In its entirety, the road is a complex of engineering facilities whose purpose is to ensure the movement of vehicles and to serve them. Roads must allow traffic to pass safely, quickly, comfortably and at a relatively low cost, regardless of the type and composition of the traffic. These are its transport functions. (*Sotirov, D., 1983*).

The technical characteristics of vehicles are improving dynamically. This improvement in the characteristics of vehicles requires a corresponding improvement of the roads (pavement, dimensions, geometric characteristics, etc.). (*Sotirov, D., 1983*).

It should be noted that in recent years, the EU has generally reported an increase in the number of cars. Of essential importance for the proper planning and implementation of sustainable development of the road network of the Republic of Bulgaria is the consideration of factors such as the permanent increase in the total number of cars and the improvement of their dynamic performance.

The study of road traffic is of utmost importance in determining the quantitative and qualitative characteristics of traffic flows, as well as in developing forecasts for traffic growth. Such information is essential for effective planning of road network development.

According to BDS16578-87, valid to this day, motor vehicles are classified into seven groups (table 1) to determine pavement design loads and the design hourly intensity.

Table 5. *Classification of motor vehicles according to BDS16578-87*

Group	Type of motor vehicle	Gross Weight (tons)	Symbol
1. Motorcycles	Mopeds and motorcycles with or without basket		MC
2. Passenger cars	Passenger cars of all brands and models, minibuses with to 10 places, ambulances, light commercial vehicles with payload to 1.5 ton	To 3.5	LA
3. Light trucks	Trucks of all brands and models with payload from 1.5 to 3.5 ton without and with trailer	From 3.5 to 6.0	LTA
4. Medium trucks	Trucks with payload from 3.5 to 6.0ton	From 6.0 to 12.0	CTA
5. Heavy trucks	Freight cars with payload 6 and over 6 tons	Over 12	TTA
6. Trucks with trailers	Trucks of all makes and models with one or more trailers	Over 12	TA+P
7. Buses	All types of buses		BUS

Source: BDS16578-87

Traffic intensity represents the number of motor vehicles passing through a given cross-section of the road, direction of traffic or traffic lane for a certain period (*BDS 16578-87*).

The intensity of traffic is of essential importance both in determining the main elements of newly constructed roads, as well as for planning and choosing the type of road maintenance and repair activities (*NAPI, 2009*).

According to the provision of Article 19, paragraph 1 of the Roads Act, Bulgaria's national roads are managed by the Road Infrastructure Agency. Republican roads are exclusive state property.

Certain republican roads are included in the trans-European road network. (*MRDPW, 2023*)

Transport infrastructure summarizes the set of infrastructure facilities of the various types of transport, which are organizationally integrated and which create the necessary prerequisites for the spatial movement of people and goods. (*Bakalova, V. and Nikolova, Hr., 2010*). In this regard, roads and their facilities are part of the transport infrastructure.

Improving road-transport infrastructure requires the implementation of specific transport projects. The goals of such projects - namely the specific functions the infrastructure must fulfil -

must correspond to the territorial context of the region or country where the project is implemented. The main objectives of the transport project are related to improving the conditions for passenger travel and the transport of goods both within the impact area, as well as improving environmental quality and the well-being of the population served (*European Commission 2014*).

The **second section of the first chapter** examines transport policies in the context of European and national strategic goals.

The EU transport infrastructure strategy, as defined in the TEN-T guidelines, aims to improve the quality of transport infrastructure through new investments and efficient use of existing infrastructure in order to improve accessibility, mobility and safety, and aligning with transport demand. (*European Commission 2014*).

Transport plays a key role in the development of any modern society, as a means of economic development and a prerequisite for achieving social and regional cohesion. Bulgaria's transport sector is of exceptional importance for increasing the competitiveness of the national economy and serving the population (*MTITS, 2021*).

The vision for development of Bulgaria's transport sector aims for a modern, efficient and safe transport system by 2030, fully satisfying the need for high-quality and safe transport. Road infrastructure is a fundamental element of the transport system, which ensures the mobility of people and at the same time has a huge impact on road safety. (*MTITS, 2021*).

An efficient road network is an important factor for economic and social development. At the same time, road construction and maintenance consume a substantial share of national budgets, while user costs for vehicle operation and depreciation are even higher. For this reason, it is vital to follow policies that minimize total transport costs for individual road sections and the network as a whole.

Bulgaria's integration into the European space has led to a significant increase in traffic on the main road transport corridors. The effective and sustainable integration of the national road infrastructure into the European one aims to increase cohesion and improve connections between the Republic of Bulgaria and the other EU member states, while at the same time posing new challenges for further development, maintenance and optimization.

Section **three of the first chapter** describes the characteristics of road pavement surfaces and their deterioration over time. The various types of pavement defects are defined, especially those representing potential hazards for road users.

Road pavements deteriorate as a result of several factors, namely: traffic load, pavement type and structural strength, condition of the base, materials used, quality of construction, climatic conditions, as well as insufficient or inefficient drainage systems.

Regarding traffic load, pavement damage is most significantly influenced by heavy goods vehicles.

In terms of climate-related deterioration, environmental factors affect pavement fatigue in multiple ways. Temperature variations and moisture content influence the strength, durability and bearing capacity of materials in pavement layers and the subgrade.

Defects in pavement structure, in addition to significantly reducing driving comfort, also represent significant safety risks for road users.

In **fourth section** the importance of investments in road infrastructure and the need for their planning are examined. The regulatory framework related to the construction and maintenance of road infrastructure is reviewed.

Investments in road infrastructure are strategic and of great public importance. In the broadest economic sense, investment in road infrastructure includes activities related to the repair, rehabilitation, and modernization of existing roads and road facilities, as well as the construction of new ones.

At the same time, it is necessary to analyze the effectiveness of investments in view to their management, since this analysis is a fundamental tool for ensuring rational and sustainable use of limited financial resources in the road sector. The assessment of effectiveness makes it possible to identify the most effective investment solutions, optimize strategies for infrastructure maintenance and development, and ensure the achievement of maximum socio-economic benefits from the invested funds.

The economic efficiency of carrying out road rehabilitation or construction activities is determined through a system of indicators and evaluation approaches, with preference often given to determining the payback period of investments (*Vasilev & Arnaudov, 2012*).

The payback period expresses the time during which the investments made are “paid back” (repaid) by the income received from them. Usually, different alternatives can be implemented to solve a specific task related to the development of transport. Of these, the most effective is the option that requires minimal investment and provides minimal operating costs. In practice, however, such “ideal” options are very rare. Most often, it happens that the alternative that requires the largest investments provides the largest savings in operating costs and vice versa. In such cases, the most economically advantageous alternative is established by determining the terms for the payback of the investments for the alternative options.

When planning investments in the road sector, it is necessary to assess all costs associated with the proposed project. These include construction costs, maintenance and rehabilitation costs, road user costs and all other external costs that can be directly attributed to the road project.

Perhaps the first reference to the concept of economic valuation, where benefits to road users are taken into account, is from 1847 by W. M. Gillespie: “The minimum of cost is, of course, highly desirable, but the road which is really the cheapest is not that which has cost the least money, but that which yields the most profitable return in proportion to the amount spent on it” (*Gillespie, W. M., 1850*).

For optimal management of investments in road infrastructure, however, it is necessary not only to analyze their effectiveness, but also to forecast and plan the necessary amount of funds for each year within a certain period. Such an approach allows to ensure that the road network is maintained in the best possible condition, while guaranteeing long-term sustainability of investments, rational allocation of resources and minimizing costs for road users.

Investing in road infrastructure itself leads to time savings (or time cost reduction) for road users, reduced operating costs, improved safety and increased comfort.

Despite the above, however, the need to maintain the road network is often neglected. The road network only seems to become significant when a given section deteriorates to such an extent that the pavement becomes unbearable to drive on.

Neglecting maintenance leads to both higher costs for the road agency and higher costs for road users, as well as reduced user satisfaction.

Section **five of the first chapter** examines the role of economic evaluation of road projects, identifying the objectives for conducting such an evaluation. In order to achieve these objectives and evaluate them, the mechanisms by which they can be measured are analyzed.

According to the European Commission document "*Economic Appraisal Vademecum 2021-2027*", the economic appraisal is defined as a process aimed at assessing whether a project will contribute to overall social well-being and economic growth. It considers the benefits and costs to society and measures the value that the project generates for all stakeholders to determine whether society will benefit from the investment. The goal of road investment appraisal is to select projects with a high economic return.

The size of the investment is determined by the construction costs and annual maintenance costs of the roads, with the economic return mainly in the form of cost savings for road users due to the provision of better road conditions. These three categories of costs constitute what is usually called total road transport costs or life cycle costs in the case of project implementation (*Kerali, HGR, McMullen, D. and OOdoki, J.B., 2000*).

A comprehensive measurement of economic and social efficiency is possible provided that the social effect is "transformed" into an indirect economic effect, i.e., that it receives a monetary value, which allows it to be compared (summed) with the direct economic effect (*Vasilev, E., & Arnaudov, B. 2012.*)

Therefore, the main function of road investment appraisal is to estimate the costs of road construction, road maintenance and road user costs for a given analysis period. This is achieved by modeling the interrelationships between the environment, construction standards, maintenance standards, geometric design parameters and road user costs.

In order to measure and calculate the benefits of new and reconstructed roads, it is necessary to determine the pavement characteristics that would affect road user costs, namely vehicle operating costs, travel time costs, and the costs associated with road accidents.

Vehicle operating costs are defined as the costs incurred by vehicle owners for their operation, including fuel consumption, lubricant consumption, tire costs, repair and maintenance costs, insurance, overheads, administration, etc.

Travel time savings arise from increased speeds, free and uninterrupted traffic flow and/or the use of shorter routes. Each of these circumstances, however, depends on the condition and capacity of the road used. Various methods are possible for determining the cost of passengers' time, usually distinguishing between the assessment of working and non-working travel time, including commuting (*European Commission, 2014*).

Road accidents, besides being considered a great tragedy, also result in significant economic damage. Therefore, it is crucial to identify and determine the relevant costs of road accidents for a comprehensive economic assessment of the external costs of road safety (*Nikolova, C., 2024*).

The valuation of road safety benefits consists of determining the value of the public costs saved as a result of preventing road accidents.

In the same section, cost-benefit analysis (CBA) is examined as a tool for economic assessment of advantages or disadvantages of a given investment decision in the field of roads, in accordance with the guidelines in the European Commission. The concept of "lifetime" of the transport project is examined, with an emphasis on the economically useful life, namely the reference period, which is relevant to the study conducted.

Cost-benefit analysis (CBA) is an analytical tool used to assess the economic advantages or disadvantages of an investment decision by quantifying the changes in welfare resulting from its implementation. It aims to quantify all costs and benefits to society in monetary terms. These include economic, social and environmental impacts (*European Commission, 2021-2027*).

The purpose of the cost-benefit analysis is to identify and give financial expression to all possible impacts, in order to determine the costs and benefits of the project, after which the results of the assessment are summed up, and a conclusion is drawn as to whether the project is feasible and should be implemented. The costs and benefits are assessed differentially, by considering the difference between the scenario involving the implementation of the project and an alternative scenario in which the project is not implemented (*European Commission, 2006*).

In CBA, costs and benefits occurring over several years must be comparable. This is done by discounting which results in a reduction of future benefits and costs. The main argument for applying discounting is that most people (both public authorities and private companies) do not value future costs and benefits as highly as present ones. (*Koopmans, C. & Mouter, N. 2020*).

Once all project costs and benefits have been quantified and valued in monetary terms, it is possible to measure the economic performance of the project by calculating the following economic indicators: net present value, internal rate of return, benefit/cost ratio (efficiency coefficient).`

The results of the cost-benefit analysis should demonstrate whether the project is desirable from a socio-economic point of view, which is confirmed by a positive economic net present value. The economic net present value is the most important and reliable social indicator of the CBA and should be used as the main reference indicator for economic performance in project evaluation.

CBA is considered a useful tool for forming opinions on public projects, as the method provides insight into the magnitude of positive and negative effects of a project by expressing them in monetary terms. Since the final indicators of CBA (such as the benefit-cost ratio) provide clear and comparable information, cost-benefit analysis makes projects comparable (*Koopmans, C., & Mouter, N., 2020*).

This part of the dissertation examines the expected effects of the application of cost-benefit analysis and its importance in the evaluation of road infrastructure projects. The purpose of using cost-benefit analysis is to assess the economic viability of a given project, ensuring that the project brings positive net economic benefits, expressed in terms of net present value (NPV), at a certain discount rate. For the economic evaluation of a given project, at least two alternatives are evaluated: the “scenario without a project” and the “scenario with a project”. The annual road-agency costs and road user costs are calculated for each of the alternatives separately for a certain period. As a result, the total costs of the two scenarios are then compared. The resulting discounted cost stream is used to calculate the economic indicators that help determine the project’s economic viability and, accordingly, the societal benefits, expressed in user cost savings.

In this regard, it is desirable to evaluate more than two project alternatives, which allows for the economic comparison of project options and the recommendation to implement the project alternative that maximizes the project's net benefits (NPV).

The development of investment project options is necessary due to the fact that the same task (construction, reconstruction, etc.) can be solved in different ways and the best one should be chosen. In order to obtain objective and justified results when comparing options, it is necessary to comply with a number of requirements. An important requirement is that all options are evaluated

using the same indicators. Another requirement is that all options are compared for the same period (*Vassilev, E., & Arnaudov, B., 2012*).

Cost-benefit analyses are not only a means of evaluating the investment and choosing an option for new construction, but also an efficient tool for planning the repair and maintenance of existing roads, according to economic, technical and functional constraints (*Mihaylov, N., 2014*).

It is concluded that the decision-making process related to the development and selection of the most appropriate strategy for the maintenance and reconstruction of road sections, as well as for the construction of new ones, however, suffers from the lack of an effective investment management tool that would ensure the preservation of the operational characteristics of roads in Bulgaria for as long as possible in time. Minimizing the total costs for road infrastructure users and, accordingly, achieving savings for society can be accomplished through the adoption of modern and effective tools for forecasting cash flows and managing investments in road infrastructure, as a mechanism for improving the development and condition of the road sector in the context of European and national objectives.

CHAPTER TWO

TOOLS FOR CASH FLOW FORECASTING AND MANAGEMENT OF INVESTMENTS IN ROAD INFRASTRUCTURE

The second chapter examines various tools for forecasting cash flows and managing investments in road infrastructure. The areas of their application, the possibilities and limitations of each of them are analyzed.

The **first section** discusses the „Methodology for determining the economic efficiency of road construction projects" developed by the General Directorate of Roads (GDR) in 1990. The history and essence of the methodology are presented. A detailed review and analysis of the methodology have been conducted, with the main conclusion being that it allows for a highly versatile analysis of technical and economic tasks related to the construction of a new road, reconstruction, modernization, or major repair of an existing road within the National Road Network. It enables forecasting and determining the necessary annual costs for maintenance and repairs over a specified analysis period. According to the methodology, the economic efficiency of road investment projects is determined by comparing the expected economic effect over the entire so-called "project" or "economic" life/period of the road with the one-time costs incurred for its construction, considering the "time" factor.

In the course of the analysis of the Methodology, its strengths and weaknesses were identified.

In summary, under the economic conditions of the 1990s, the Methodology provides a basis for conducting comprehensive studies on the technical and economic efficiency of costs for alternative technical solutions in road projects and offers a forecast of cash flows for the analysis period. Considering the period when it was developed, it is quite natural that some of the economic parameters and the approaches for their evaluation are not entirely up to date today.

Nevertheless, at present, this methodology remains the only formally “active” one; however, due to its largely outdated nature, it is difficult to apply and has limited effectiveness.

Furthermore, for practical application of the Methodology, a software product is required, which, because of its outdated platform, is incompatible with modern technologies and has therefore been unusable for many years. In this regard, the Methodology from 1990, in addition to needing an update, should also be accompanied by a functional software product to enable its

practical application.

For this reason, it is advisable in Bulgaria to have an effective tool to assist decision-makers in the planning and allocation of resources for the maintenance and development of road infrastructure, while at the same time providing the opportunity to make optimal decisions in accordance with the actual needs of the road network.

In connection with the above, the dissertation work is aimed at developing and proposing an effective methodology that is adapted to the current economic, social and technical conditions, so that it serves as a practically applicable and effective tool for assessing and planning investments related to the development and management of road infrastructure in the country.

In this context, the dissertation is focused on the development and proposal of an operational methodology adapted to the current economic, social, and technical conditions, so that it serves as a practically applicable and effective tool for the assessment and planning of investments related to the development and management of the country's road infrastructure.

The **second section** of the second chapter examines applicable tools for forecasting cash flows and managing investments in road infrastructure.

To select an effective tool for forecasting cash flows and optimal management of investments in road infrastructure, several current and proven tools for assessing road projects have been considered. These are the model of the English Road Laboratory (TRRL) – **RTIM 3** (*Road Transportation Investment Model*), the **HERS** system (*Highway Economic Requirements System*) of the Federal Highway Administration of the US Department of Transportation, as well as the **HDM-4 model** (*Highway Development & Management*) developed by the World Bank. Each of them is presented with its characteristics, areas of application, advantages and limitations.

RTIM 3 (Road Transport Investment Model) is a tool developed by the UK Transport and Roads Research Laboratory (TRRL) for the analysis and optimisation of road infrastructure investment. It is used to assess the economic and financial impact of road projects, focusing on cost-benefit analysis and economic return estimates (*Cundill, M.A., 1995*).

HERS (Highway Economic Requirements System) is an analytical tool developed by the Federal Highway Administration (FHWA) to assess investment needs for the U.S. highway system. The system facilitates the development of highway investment programs through a computer model

designed to simulate decisions based on the economic benefits and costs of alternative improvement options. It is primarily used for strategic planning by determining the optimal level of investment needed to maintain or improve the performance of highway infrastructure based on economic principles.

HDM-4 (Highway Development & Management) is an analytical tool developed by the World Bank, allowing for the performance of technical and economic analyses of alternative solutions and approaches for the maintenance, repair, reconstruction and new construction of roads of different classes. HDM-4 is essentially a decision support tool that allows for the processing of data on the entire road network and road users, in order to provide appropriate information for the long-term management of the road infrastructure, as well as for the optimization of maintenance, rehabilitation works and related costs.

In the **third section of the third chapter**, as a summary of the three tools, a comparison is made between the main characteristics of each of them, which are presented in Table 2.

Table 2. Comparison between RTIM 3, HERS and HDM-4 tools

Characteristics	<u>RTIM 3</u> Road transport investment model	<u>HERS</u> Highway Economic Requirements System	<u>HDM-4</u> Highway development and management model
Developed by	The UK Transport and Road Research Laboratory	Federal Highway Administration, USA	World Bank
Main users	It is used primarily in developing countries to prioritize individual road projects in resource-constrained settings.	It is primarily used by federal and state transportation agencies.	Widely used by national governments, international agencies and consultants around the world. It can be adapted to different geographical and economic contexts, making it suitable for both developed and developing countries.
Main application	It is applied to perform economic assessments of individual road projects.	Analysis and evaluation of investments at the infrastructure level, mainly in the US highway system.	Analysis and evaluation of both new projects and strategies for managing existing road infrastructure.
Scope	Economic evaluation and prioritization of the project.	Emphasizes resource allocation and prioritization of projects from existing infrastructure based on economic need for reconstruction and improvements.	A comprehensive tool for planning the construction and maintenance of road infrastructure and its management, applicable worldwide.

Characteristics	<u>RTIM 3</u> Road transport investment model	<u>HERS</u> Highway Economic Requirements System	<u>HDM-4</u> Highway development and management model
Key focus	Focused more narrowly on assessing the economic return on road projects.	Optimizing funding allocation through economic analysis based on cost-benefit analysis.	Analysis and assessment of road maintenance, reconstruction and construction options based on life cycle costs.
Input data requirements	It uses a more limited set of input data to be "powered". Its focus is on collecting a set of information to assess the viability of the project, rather than on the detailed long-term impact of traffic and pavement "behavior" over time.	It primarily uses data from the Highway Performance Monitoring System (HPMS), which is specific to the U.S. highway network.	It uses a wide range of input data regarding road conditions, road maintenance standards, traffic data, accident data, climate.
Prioritizing the project	Suitable for simpler economic assessments and project prioritization in the context of limited resources.	It ranks projects for improvement and reconstruction of existing road infrastructure based on cost-benefit ratio and selects those with the highest return on investment.	It considers a wider range of factors related to the technical and financial aspects of projects.
Main purpose	Designed to calculate cost-benefit ratios to identify projects with the highest return.	The focus is on maintaining pavement quality, minimizing congestion, travel times, safety and emissions.	In-depth modeling of traffic, pavement deterioration, maintenance costs, and social costs.
Scenario analysis	Provides scenario analysis capabilities to assess how different variables such as fuel prices, economic growth rates, and changes in traffic volume will affect the future.	Provides limited scenario analysis focused on different levels of investment and their impact on the condition of highways.	Offers extensive scenario analysis with custom variable options to test changes in technical and economic parameters.
Sensitivity analysis	A more general level of detail, suitable for single project level assessments.	Limited number of variables, oriented towards strategic planning.	Ability to perform complex sensitivity analyses across multiple factors at the project and network level.

Source: Author's summary

After reviewing each of the tools, the following conclusions were drawn as a summary:

RTIM 3 is oriented towards the assessment of the individual project, without allowing for analysis of road network level, while at the same time being suitable for simpler economic assessments and prioritization of projects in environments with limited resources. Given its specific features and especially considering the fact that its focus is more on the analysis of road classes with a not particularly high level of load and operated in climatic conditions very different from those in Bulgaria, the author formed the opinion that it is not sufficiently suitable for the purposes of the present study.

HERS is applicable to countries with a sufficiently developed and established road infrastructure, where the need to implement entirely new road projects is not a priority, and the emphasis is on maintaining the existing road network and its improvement. Regardless of the scale of the analyses and the capabilities provided by the system, due to its strong dependence on the local road condition monitoring system, its adaptation to conditions outside the United States is highly limited.

HDM-4 supports decision-making for comprehensive infrastructure strategies related to construction, maintenance and rehabilitation, planning investment needs and forecasting cash flows, both at the network level and at the individual project level, with the needs of roads from the republican road network being best met by the capabilities provided by the World Bank's HDM-4 model.

As a result of this and in fulfillment of the main objective of the dissertation work, a tool was chosen that most closely meets national needs and serves as a modern and effective tool for forecasting cash flows and managing investments in road infrastructure, namely the HDM-4 model (*Highway Development and Management*). The author concludes that HDM-4 would be more applicable to countries like Bulgaria, where, in addition to the need to maintain existing roads, the road infrastructure has not fully developed its potential. This leads to the need to build new road sections - highways, expressways, as well as bypasses around populated areas to divert a significant portion of transit traffic. For this reason, the author has chosen this tool as the most applicable and relevant to the present study, and it has therefore been examined and analyzed in detail.

The **fourth section** describes the general characteristics of the HDM-4 model, providing a rationale for the advantages and potential applications of the selected tool. Its functions, operational algorithm, and the types of analyses that can be performed are presented in detail.

HDM-4 is a tool that allows performing technical and economic analyses of alternative solutions and approaches for maintenance, repair, reconstruction and new construction of roads of different classes. It allows considering investment options for a single section, a large network of road sections, or any other combination of road sections within a part of the road network. It models future changes and critical aspects during the design service life of the road and can predict future deterioration of the considered road sections. This includes predicting the deterioration of the pavement under the influence of the weather factor and the impact of road users, as well as the effects of maintenance on the condition of the pavement and the degree of its deterioration. It models the time-dependent relationships between vehicle operation and road deterioration as part of the assessment of the impact of road infrastructure investments on vehicle operating costs.

Based on this model, cash flows related to transport operating costs, maintenance and operation costs are forecasted both at the single project level and at the road network level. The HDM model can calculate the current amount of road agency costs and road infrastructure user costs by assuming various estimated maintenance and rehabilitation activities for a certain analysis period, using a certain discount rate (*Kerali , HGR, Stannard, EE, and Odoki, J.B., 2000*).

Accordingly, like any other analytical tool, HDM-4 requires input data entry and calibration in order to build its internal models and begin to function fully.

For the purposes of the above, it is necessary for each study the following to be created:

- **Road network** data sets, which include a description and characteristics of the road network consisting of one or more road sections and sub-sections;
- **Traffic** data sets , which include a description of representative vehicle groups with their physical and dynamic characteristics, prices, etc.
- Data sets for **activities** related to routine and periodic maintenance and reconstruction.

After supplying the HDM-4 model with the appropriate level of data and input parameters, the economic analysis module allows to:

- Assess the overall economic impact of the investment alternatives over their entire project life;
- Determine the total net benefits (savings) for society resulting from the selection of the investment alternatives/the relevant investment strategy;

- Identify the most efficient investment or combination of investments among the competing alternatives;
- Determine the economic efficiency indicators — NPV (Net Present Value), BCR (Benefit–Cost Ratio), IRR (Internal Rate of Return), and the payback period.

The broad concept of HDM-4 can be presented as follows: The user defines a set of alternatives that describe different options for investing in and maintaining the road condition. Investments affect the condition of the pavement over time and the associated road maintenance costs. The pavement condition and traffic conditions affect the impacts experienced by road users. The model vehicle operating speeds and the consumption of transport–operating resources over time — such as fuel, tires, and others. Multiplying these quantities by the unit costs of the respective components yields the road user effect over time. By forecasting the cash flows and comparing the results of the costs incurred by different investment alternatives, HDM-4 enables an assessment of the relative advantages, cost savings, and benefits of the alternatives using economic principles. The interacting sets of costs, namely those incurred by the road agency and those incurred by the road users, are summed over time in discounted present values.

Section **five of the second chapter** emphasizes the need and importance of calibrating and adapting the HDM-4 model.

Like any other analytical tool, HDM-4 needs to be supplied with input information and properly calibrated in order to begin building its internal models and to “come to life.” It is well known that every internationally adopted model of the HDM-4 type must be adjusted to the conditions of the respective national or regional road network. Before HDM-4 can be applied in any country, it must be configured and its forecasting models calibrated so that they reflect local conditions.

The accuracy of the predicted pavement condition over time and vehicle resource consumption depends on the level of calibration applied to the default values set in the HDM-4 model that corresponds to local conditions. For this reason, if local calibration is not performed, the actual pavement deterioration trend and the deterioration predicted by the HDM may show large differences. Thus, inadequate calibration may lead to underestimation or overestimation of the required road budget (*Bennett & Paterson , 2000*).

The HDM-4 model has three calibration levels, with the first having the highest stage of applicability, while the third is primarily of scientific or research-oriented nature.

In summary, it should be noted that the parameters related to the effects on road users, resulting in user costs for calibration level 1 are 28, for calibration level 2 also 28 and for calibration level 3 – 30. On the other hand, the parameters related to pavement degradation and the effect of rehabilitation works for calibration level 1 are 33, for calibration level 2 – 17 and 0 for calibration level 3. The parameters related to traffic are only 3 from level 1. The parameters related to unit prices are only from calibration level 1 and are 11, and those in the economic section – 2.

In the sixth section of the second chapter, the efficiency optimization mechanism in the HDM-4 model is systematized. Each analytical tool involves the use of multiple and different types of mathematical and logical models to predict the condition of the road over time, the resources needed to provide the appropriate level of service and the magnitude of vehicle operating costs. The following models are used in HDM-4: traffic model; pavement model; construction and repair activities model (work standards); benefit assessment model; economic analysis model.

In section **seven of chapter two**, the necessary data provision is described to enable analyses using the HDM-4 tool. The main data sets required as input for HDM-4 analyses are categorized as follows:

i) Road network data, including: geometric characteristics, pavement type, pavement structural strength and condition, and operating conditions;

(ii) road works data, containing historical records of works carried out on various road sections, data related to planned construction and repair works and current and periodic maintenance activities and the associated unit costs.

(iii) vehicle fleet data: physical characteristics of representative motor vehicles groups, vehicle load characteristics, annual mileage and service life, as well as data on operating costs of the representative motor vehicles groups;

(iv) traffic data, including details of the composition, volumes and growth rates, types of speed flows of traffic on each road section;

v) meteorological conditions characterising the geographical area in the analysis region.

vi) economic analysis parameters, including value of time, discount rate and base year.

Based on the input data, the model analyzes a specific road or road projects and generates the corresponding reports with the performed analyses. The general scheme of the model can be presented as follows (Figure 1):

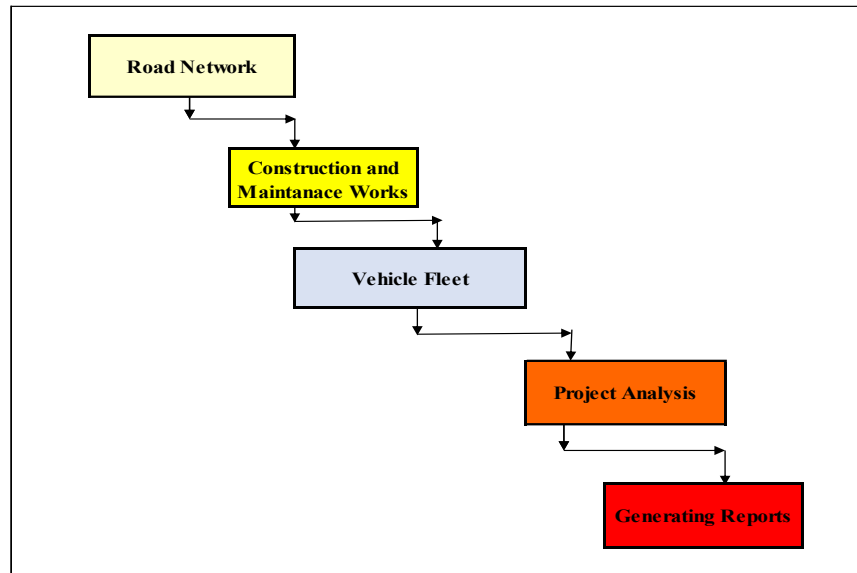


Figure 2. General scheme of the HDM-4 model

Source: Author's concept

The eighth section of the second chapter summarizes the model's data input. Based on the empirical and analytical dependencies built into the model, it is possible to display a significant amount of information in tabular form, namely: traffic data, data related to the loss of road and pavement performance, data regarding the impact on road network users, cash flows and economic evaluation.

The reports that can be generated by the model are schematically presented in Figure 2.

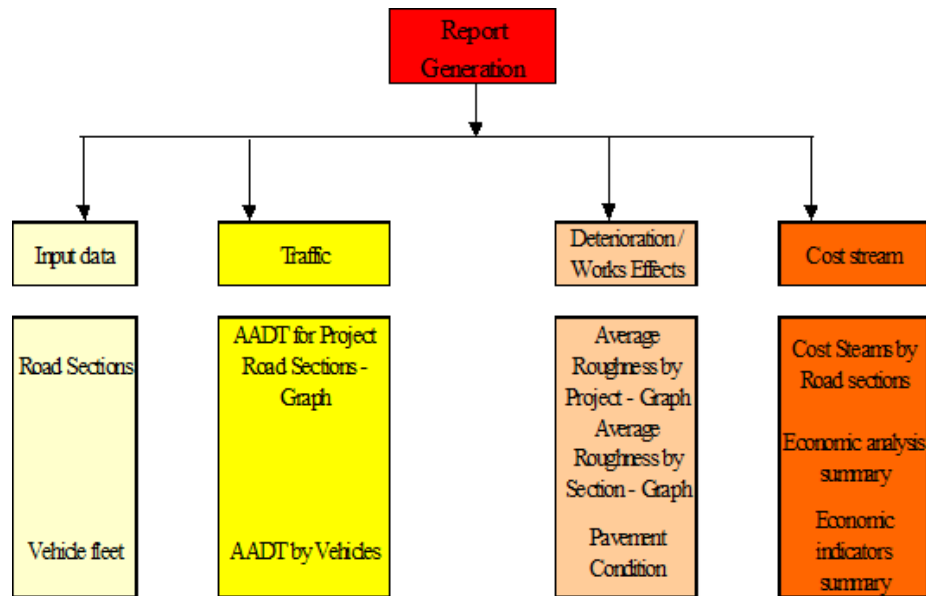


Figure 2. Groups of reports that are generated by the model

Source: Author's concept

In **section nine of chapter two**, the sensitivity classes of the HDM-4 model to input data are examined in order to identify the most critical elements in the analysis. For convenience, the model parameters can be categorized into four sensitivity classes, as shown in Table 3

Table 3. Sensitivity classes of the HDM-4 model

Influence	Sensitivity class (S)	Elasticity
High	I	Over 0.50
Medium	II	0.20 – 0.50
Low	III	0.05 – 0.20
Minor	IV	Below 0.05

Source: HDM-4 Documentation Series , Volume 5, (PIARC)

In this regard, it is important to know the overall level of sensitivity of the model to each parameter so that appropriate attention can be paid to important parameters and less emphasis placed on secondary ones. Those data or model coefficients with moderate to high impact (S-I and S-II) should receive the most attention. Elements with low to negligible impact (S-III and S-IV) should receive attention only if time or resources permit. The default HDM-4 values are usually accepted for S-III and S-IV elements, as these will usually provide adequate results.

In the tenth section of the second chapter, a summary of the HDM-4 model is presented. Conclusions are formulated regarding the benefits of implementing it at the national level and, accordingly, from developing a methodology for road development and management based on the model, which will be adapted to the conditions of Bulgaria.

In summary, HDM-4 enables to:

- make an economic assessment of the relevant investment project;
- analyze strategies for the construction of new roads, the reconstruction, rehabilitation and maintenance of existing ones;
- assess the economic efficiency of the investment in a single road section or a network of road sections;
- forecast the necessary annual costs for repairs and maintenance for a specific section or road network for a specific analysis period;
- predicts future critical /qualitative/ changes in road behavior that will impact the effectiveness of the investment, namely:
 - volume and composition of traffic;
 - deterioration of the road condition;
 - the impact that various activities along the road will have on its condition;
 - the impact on road users, including how the road condition and the type of maintenance and rehabilitation activities performed affect vehicle operating costs, delays for passengers and freight, accident rates, and their associated costs.

Based on the above and taking into account that one of the current problems concerning road infrastructure in Bulgaria is the need to develop management systems and models that allow for the analysis of the actual condition of road surfaces and, on this basis, the optimal allocation of funds for construction and repair, the author is of the opinion that the World Bank's HDM -4 model is applicable for Bulgaria and would have significant benefits from its implementation.

In fulfillment of the objectives of this dissertation, a methodology for road development and management is being developed based on the HDM-4 model, adapted to national conditions, so that it serves as an effective tool for forecasting cash flows and optimizing investments in Bulgaria's road infrastructure.

CHAPTER THREE

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR ROAD DEVELOPMENT AND MANAGEMENT IN BULGARIA BASED ON ADAPTATION OF THE HDM-4 MODEL: APPLICATION TO A EXAPMLARY ROAD PROJECT

In the third chapter of the dissertation and in fulfillment of the set objectives and tasks, a methodology for the development and management of roads in Bulgaria has been developed based on the selected HDM-4 model, which has been adapted to Bulgarian conditions through its application on an sample road project (case study).

The **first section of the third chapter** describes the approach for adapting and calibrating the HDM-4 model to national conditions.

Following the analysis of the HDM-4 model, a methodology for road development and management has been proposed, serving as a tool for forecasting cash flows and optimizing investments in road infrastructure. The methodology is based on a calibrated and validated model, adapted to Bulgarian conditions through the adjustment of configuration data in accordance with local standards and practices. For the purposes of the study, specific recommendations for adapting and calibrating the HDM-4 model are presented, which allow the use of appropriate default data in project analyses within the country. The approach is presented through an sample road project and includes:

- Determining the key characteristics of the selected road network such as functional classification, road capacity, pavement types, geometric and structural characteristics (roughness, load-bearing capacity and the extent of surface defects);
- Determining the main characteristics of traffic on the selected road network, such as annual average daily traffic (AADT), estimated traffic by direction for a certain time horizon based on general profile counts;
- Determination of a representative vehicle fleet by vehicle class (passenger cars, light trucks, trucks with 2 and 3 axles, articulated trucks with trailer with 5 or more axles and buses);

- Vehicle fleet data (selected nationally), including vehicle technical and load characteristics, usage and service life, operational characteristics such as engine power and braking power, as well as unit resource costs per vehicle;
- Traffic data, including details of vehicle composition, traffic volumes and growth rates, types of speed flows (urban, interurban, highway type), and the hourly traffic flow pattern for each road section.
- Determining the climatic and topographical features in the country that affect the condition and "behavior" of the pavement in the area of influence of the project, such as altitude and the need for winter maintenance;
- In accordance with the applicable regulations, determination of a set of standards for road maintenance and repairs, such as milling, crack sealing, pothole patching, shoulder maintenance, overlay, etc.
- Based on current information from the National Statistical Institute, as well as other publicly available information, setting parameters for transport and operating costs, labor costs, material costs, fuel and lubricants costs, and current repair and maintenance costs.

In the **second section of the third chapter**, the experimental application of the HDM-4 model for the evaluation of a sample road project is presented .

The present study aims to prove the applicability of the HDM-4 model as a tool for forecasting cash flows and optimal management of investments in road infrastructure based on a technical and economic analysis conducted on a road project selected by the author, namely the Rila expressway (or its alternative as a highway) in the direction of Kyustendil-Dupnitsa-Samokov-Bogoroditsa road junction- Trakia Motorway/Hemus Motorway.

The Rila Expressway or its alternative - the Rila Motorway is planned to connect the Struma, Trakia and Hemus Motorways, through the construction of new road connections between Struma Motorway and Trakia Motorway, Trakia Motorway and Hemus Motorway, Struma Motorway and Hemus Motorway. With the construction of the Rila Motorway, another convenient road connection between southwestern and eastern Bulgaria will become operational, accommodating transit traffic in this direction. At the same time, it would reduce travel time to and

from the Kulata, Ruse, and Vidin border checkpoints, as well as Burgas port, and help relieve transit traffic through the city of Sofia.



Figure 3. Rila Expressway with route: Kyustendil - Dupnitsa - Samokov - Bogoroditsa - Trakia Motorway/Hemus Motorway

Source MRDPW

The methodology adopted in this study includes the collection and analysis of data on the functional and structural condition of the studied road sections, as well as an analysis of the traffic using these sections. Historical data on previous maintenance and rehabilitation activities, traffic data and road accident data were obtained in accordance with the Access to Public Information Act. The current condition of these sections was determined based on a field survey. Using these data, a project-level feasibility analysis was performed using the World Bank HDM-4 Model. The results obtained are analyzed in this study.

For the purpose of a more comprehensive analysis, the dissertation considers two project implementation options, the first of which is provisionally referred to as Alternative 1, and the second as Alternative 2, each of which is compared with the no-project scenario (base case alternative).

This section of the dissertation presents data on the road network and the sections within the project's scope of influence. The boundaries of the project's scope of influence are determined by the location of the future routes of the Rila Motorway. In this way, it is possible to analyze the traffic that would use the newly constructed sections, in relation to the operational characteristics

of these sections, as well as to make a comparison with the condition of the existing sections and the intensity of traffic on them. The main criteria for separating the presented road sections, forming each of the alternatives, are the similar geometric parameters of the alignments within the defined sections, as well as the assumption that at the beginning and end of each section there is a probability of traffic merging and/or diverging, which will be reflected in the traffic volumes. That is, each section is distinguished as such either due to its homogeneity along its entire length, such as carriageway width, number of lanes and operational condition and/or the presence of a road junction/road connection at its beginning and end, as a prerequisite for the inflow and/or outflow of traffic, which determines the respective traffic intensity along this section.

The traffic hypothesis, representing the so-called "base case alternative" is based on existing road sections.

For the roads within the scope of the study, a field survey of the individual road sections was carried out. In terms of geometry, data were derived on the lengths of each of the sections, the carriageway consisting of the number of lanes and their width, and the permissible speed according to the vertical signage on these sections.

Table 4 shows the section numbers, names and lengths as entered into the HDM model along with the main technical characteristics of the existing routes forming the Base case Alternative. The technical parameters described in the table relate to the operational characteristics and to the maintenance and repair standards of the respective section.

Table 4. Names and technical parameters of the sections from Alternative 0 (Base case)

Section No.	From	To	Length (km)	Carriageway width (m)	Design speed (km/h)	Number of rise and falls (m /km)	Average altitude (m)
1.1	p.v. Zherkovo (AM Hemus)	Yana (AM Hemus)	11	23	130	1	480
1.2	Yana (AM Hemus)	p.v. SOP at Hemus Motorway	7	23	130	1	485
1.3	SOP at AM Hemus	SOP at the Struma Motorway junction (via the northern expressway)	24	26	120	2	550
1.4	SOP on Struma Motorway	Daskalovo village (Struma Motorway)	19	23	130	2	750
1.5	Daskalovo (Struma Motorway)	Dupnitsa (Struma Motorway)	39	23	120	2	700

1.6	SOP near Gorublyane (via Pancharevo)	Samokov (Road II-82)	48	7	80	4	800
2.1	sub-district on Trakia Motorway	SOP with Trakia Motorway	46	23	130	1	640
2.2	SOP at Trakia Motorway	Boyana (through the southern arc of the SOP)	15	26	80	3	650
2.3	Boyana , SOP	junction village of Marchaevvo (via Tsar Boris III Blvd.)	11	11.5	80	3	700
2.4	fork village of Marchaevvo	Daskalovo (Struma Motorway)	6	15	90	3	760
3.1	Muhovo subdistrict (at Trakia Motorway)	Kostenets (I-8 Highway)	12	7	70	4	680
3.2	Kostenets (Route II-82)	Raduil (Route II-82)	16	7	80	4	80
3.3	Raduil (Route II-82)	Samokov (Route II-82)	21	7	60	6	1000
3.4	Samokov (Route II-62)	Dupnitsa (Route II-62)	38	10.5	90	4	750

Source: Based on author's own concept

Regarding the condition of the existing pavement for the individual road sections, the following data were collected: roughness, number of cracks, number of potholes, degree of edge break, rut depth and condition of drainage facilities.

Table 5 shows the data related to the condition of the existing pavement of the individual road sections according to the above indicators, as set in the HDM model. It should be noted that for the sections included in the Hemus, Trakia, and Struma Motorways, as well as the Northern Speed Tangent, the survey was conducted in both directions of traffic, with defects on each carriageway being weighted on average in the analysis of each section.

Table 5. Condition and identified defects in the sections of Alternative 0 (Base case)

Section No.	From	To	IRI value	Cracks in %	Number of potholes (pcs/km)	Edge break (m²/km)	Ruth depth (mm)	Drainage type
1.1	p.v. Zherkovo (AM Hemus)	Yana (AM Hemus)	4	7	0	4	4	Lined trench
1.2	Yana (AM Hemus)	p.v. SOP at AM Hemus	6	5	1	1	4	Lined trench
1.3	SOP at AM Hemus	SOP at the Struma Motorway junction (via the northern expressway)	7	12	0	1	2	Unlined trench
1.4	SOP on Struma Motorway	Daskalovo village (Struma Motorway)	4	14	0	1	1	Combined
1.5	Daskalovo (Struma Motorway)	Dupnitsa (Struma Motorway)	6	10	0	1	1	Combined
1.6	SOP at Gorublyane (via Pancharevo)	Samokov (Route II-82)	12	20	6	10	6	Unlined trenches and areas without drainage
2.1	sub-district on Trakia Motorway	SOP with Trakia Motorway	6	7	1	0	4	Lined trench
2.2	SOP at Trakia Motorway	Boyana (through the southern arc of the SOP)	5	4	1	0	2	Combined
2.3	Boyana , SOP	junction village of Marchaevo (via Tsar Boris III Blvd.)	9	8	2	7	4	Combined
2.4	fork village of Marchaevo	Daskalovo (Struma Motorway)	6	2	0	2	2	Unlined trench
3.1	Muhovo subdistrict (AM Trakia)	Kostenets (I-8 Highway)	5	4	2	7	3	Combined
3.2	Kostenets (Route II-82)	Raduil (Route II-82)	8	5	3	10	5	Unlined trench
3.3	Raduil (Route II-82)	Samokov (Route II-82)	12	30	4	11	5	Areas without drainage
3.4	Samokov (Route II-62)	Dupnitsa (Route II-62)	4	0	0	0	2	Combined

Source: Based on author's own concept

In addition to information regarding the actual condition of the examined sections, the HDM-4 model also requires data on previous repairs and rehabilitation activities. For this purpose, official information was requested from the Road Infrastructure Agency (RIA) under the Access to Public Information Act (letter to RIA with incoming No. ZDOI-47/15.05.2024 and response

with outgoing No. RD-OI-48/29.05.2024) concerning the date of the most recent major repairs or reconstruction of the sections of the national road network within which the defined homogeneous road sections - subject to the analysis of the base case Alternative..

For the construction of the new connections, two Alternatives have been examined: **Alternative 1 – representing a motorway, and Alternative 2 – representing an expressway.** Alternative 1 is considered the more optimistic option, treating the route as a motorway with cross-section G27 and a maximum permitted speed of 120 km/h, while Alternative 2 treats the route as an expressway with cross-section G23.50 and a maximum permitted speed of 110 km/h. The main geometric and technical parameters for each Alternative comply with the requirements of the approved and currently applicable regulatory framework, namely Ordinance No. RD-02-20-2 of 28 August 2018 on road design issued by the Ministry of Regional Development and Public Works (MRDPW). For the purpose of calibrating the model to local conditions, a set of maintenance standards should be developed to model the routine and periodic maintenance that should be performed on the different road sections.

Depending on the condition of the individual sections, both existing and newly constructed, the implementation of various types of repair works of differing scope and complexity is envisaged through the application of specific maintenance and repair standards. The determination of standards for preventive maintenance and intervention thresholds must be carried out with particular care, as they serve as the “lever” that can postpone strengthening or reconstruction works over time without allowing pavement deterioration to occur.

In accordance with the current regulatory framework, a set of standards for types of routine and periodic maintenance have been developed, as well as the criteria and intervention thresholds at which these standards are to be triggered. Following the above recommendations, periodic resurfacing (overlay) with a single-layer asphalt concrete coating of 40 mm at intervals of 10 to 15 years is envisaged to improve road sections, as this is the maximum permissible (limit) period after which it is impossible to maintain good condition of the pavement with patching alone. In the meantime, standards for current repair and maintenance have been provided, which include potholes patching, cracks sealing and edge break repairing, and which standards are triggered as a function of the traffic intensity and, respectively, the degree of its destructive impact on the road

pavement. The costs for current repair and maintenance works set in the model are based on unit prices taken from the Construction Price Guide, edition of the SEC "No. 1/2023".

For the newly constructed sections, indicative capital costs required for building the new sections have been included. Given the absence of a bill of quantities, the cost values entered into the model for Alternative 1 are based on prices used for the construction of motorway sections with similar characteristics in recent years—namely Lyulin motorway (currently part of Struma Motorway, Struma motorway and Hemus motorway using an average cost per kilometer.

For Alternative 2 (construction of an expressway), the cost per kilometer used is based on the construction of Expressway I-1 (E-79) “Mezdra–Botevgrad”.

Both alternatives include the construction of a 2000m tunnel through Verila mountain, due to the mountainous terrain of the Klisura area, so that the geometry of the route meets the criteria for a motorway or its alternative expressway. When determining the price per meter for the construction of tunnels, the price of the "Zheleznitsa" tunnel, which is the most recently built tunnel in Bulgaria and is of such a length, was taken as a reference point.

The prices used are taken from the official website of the Road Infrastructure Agency and are summarized by the author in Table 6. All values used are indicated in Euros (excluding VAT).

Table 6. Contract values and prices per km of construction of completed road projects from the Republican road network

Project Name	Construction Price in Euro	Total length	Price in Euro per km
Ljulin Motorway (currently part of Struma Motorway from km 0+000 to km 19+200)	185 000 000	19,2	9 635 417
Strume Motorway Lot 3.1 (от км 174+800 до км 194+122)	70 526 580	12,6	5 597 348
Maritsa Motorway Lot land Lot 2 (from km 5+000 to km 70+620)	203 810 385	65,6	3 106 866
Average cost per kilometer for a motorway			6 113 210
Road I-1 (E-79) Mezdra-Botevgrad (from km 174+800 to km 194+600)	107 216 911	19,8	5 414 996
Cost per km for Expressway			5 414 996
Zheleznitsa Tunnel on the Struma Motorway	90 088 836	2	45 044 417,97
Cost per kilometer for a tunnel with two tubes			45 044 417,97

Source: Based on data from API. Users Profile <https://www.api.bg/bg/profil-na-kupuvacha-sled-30-dekemvri-2014/> , accessed on 17.10.2023, and summarized by the author

Table 7 (Alternative 1) and Table 8 (Alternative 2) reflect the section numbers as entered into the HDM model, along with the lengths and estimated capital investment values of the new sections forming the alternatives.

Table 7. Section lengths and capital investment for Alternative 1 - Highway

Section №	Direction from	To	Km	Capital investments for the construction of the section in Euros
A 1.1	Potop (Jerkovo road junction) at Hemus motorway	Novi Han at Trakia motrway	17	103 921 000,00
A 1.2	Novi Han at Trakia motrway	Bogoroditsa road junction at Iskar dam	21	128 373 000,00
A 1.3	Bogoroditsa road junction	Samokov	18,5	113 090 500,00
A 1.4	Samokov	klisura	16	97 808 000,00
A 1.5	Klisura tunnel		2	90 088 836,00
A 1.6	Klisura tunnel	Dupnitsa	20	122 260 000,00
A 1.7	Bogoroditsa road junction	Muhovo road junction at Trakia motorway	19	116 147 000,00
			Total	771 688 336,00

Source: Based on author's own concept

Table 8. Section lengths and capital investment for Alternative 2 - Expressway

Section №	Direction from	To	Km	Capital investments for the construction of the section in Euros
B1.1	Potop (Jerkovo road junction) at Hemus motorway	Novi Han at Trakia motrway	17	92 055 000,00
B1.2	Novi Han at Trakia motrway	Bogoroditsa road junction at Iskar dam	21	113 715 000,00
B1.3	Bogoroditsa road junction	Samokov	18,5	100 177 500,00
B1.4	Samokov	Klisura	16	86 640 000,00
B1.5	Klisura tunnel		2	90 088 836,00
B1.6	Klisura tunnel	Dupnitsa	20	108 300 000,00
B1.7	Bogoroditsa road junction	Muhovo road junction at Trakia motorway	19	102 885 000,00
		Total	113,5	693 861 336,00

Source: Based on author's own concept

The forecasts for the project's cash flows should cover a period relevant to the project's economic useful life and its likely long-term impact. The number of years for which forecasts are given should correspond to the project's time horizon (or reference period).

For the road sector, the European Commission recommends a reference time period of 25-30 years. In line with this recommendation, the economic model is built under the conditions of a 25-year analysis period. After this period, it is assumed that the newly constructed route, regardless of its residual value and the maintenance and improvement standards applied over time, will need complete reconstruction or rehabilitation, which is the subject of a new project and, respectively, a new analysis period.

In this study, the effectiveness of the potential investment for the construction of a new route will be examined in **terms of savings in vehicle operating costs, saved travel time and reduced accidents** (accident rates), which would be realized provided that a certain part of the predictable transport flows using the existing roads between Hemus and Struma Motorway, as well as between Trakia and Struma Motorway (currently mainly passing through the city of Sofia) would be transferred to the newly built Rila Motorway. For this purpose, it is necessary to analyze the traffic hypotheses and to model traffic flows.

In order to analyze the benefits of a given alternative, it is first necessary to determine the annual average daily traffic under the existing situation (the base case alternative) at the beginning of the analysis period and to make forecasts for growth rates for the entire analysis period.

To determine the existing traffic for the base case alternative, a traffic survey was carried out on the roads within the area of influence through which traffic in this direction travels. For this purpose, official information was requested from the Road Infrastructure Agency (RIA) under the Access to Public Information Act regarding data on the average annual daily traffic (AADT) for 2022 and 2023 from the automatic traffic counting stations (ATCS) located within the territories of the Regional Road Administrations of Sofia, Pernik, and Kyustendil (letter to RIA with incoming No. ZDOI-47/15.05.2024 and response with outgoing No. RD-OI-48/29.05.2024)..

Based on the processed data, the year 2022 has been adopted as the base year, as it reflects the actual traffic intensity on these sections. Using the analyzed data from previous years, the author developed forecasts for the annual growth rate from 2022 onward until the end of the analysis period.

The initial composition of different vehicle types has been specified, and a forecast for the annual growth rate of each vehicle type has been made for each road section. Traffic intensity forecasts were prepared based on available vehicle count data from the Road Infrastructure Agency for the previous five years, namely from 2017 to 2021, taking into account a relatively moderate economic growth, and were compiled for the entire analysis period.

Based on the above, during the initial period 2023–2032, a growth rate of 3% per year is projected for passenger cars and trucks; for the period 2033–2042, 3.5% per year; and at the end of the analysis period, 2043–2047, 4% per year. Lower projected growth rates are expected for buses, as the country already has good availability of this type of vehicle, coupled with an increasing tendency toward the use of private cars, so a significant increase is not anticipated. The determined projected growth rates for buses are 1% per year for 2023–2032, 1.5% per year for 2033–2042, and 2% per year for 2043–2047.

It should be borne in mind that the traffic growth forecasts are based on baseline intensity data from a period with an uncharacteristic decline in traffic volumes due to Covid restrictions in the period 2020-2022, which applies to all roads in the country.

In order to analyze the benefits of a specific alternative, it is also necessary to determine the expected transport loads under each of the project alternatives (Alternative 1 and Alternative 2) at the beginning of the analysis period and, accordingly, to make forecasts for growth rates for the entire analysis period.

This traffic will represent traffic diverted from the existing “bypass” routes, which is expected to be transferred to the new route as a result of the project implementation. Additionally, newly induced traffic resulting from the project’s implementation will be included, generated either by people who did not travel at all before the project or by existing users who will travel more frequently due to the benefits of the project’s implementation.

Table 9 presents the estimated intensity of diverted and generated traffic on the newly constructed sections, with effect from 2027, as a result of the investment. For the purposes of a more “streamlined” analysis, the initial traffic intensity by section, as well as the growth rates, are identical for both alternatives.

Table 9. Estimated AADT by section for Alternative 1 and Alternative 2

“Link 1 – Section: Potop (Zherkovo junction) on the Hemus Motorway to Novi Han on the Trakia Motorway”													
Year	Passenger cars		Buses		Light trucks (service cars)		Medium-duty trucks		Heavy trucks with 2 and 3 axles		Articulated trucks with trailer with 5 or more axles		Total no. of vehicles
	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	
2027	4440		60		420		180		60		840		6000
2032	5106	3	63	1	483	3	207	3	69	3	966	3	6894
2037	6000	3,5	68	1,5	568	3,5	243	3,5	81	3,5	1135	3,5	8094
2042	7049	3,5	73	1,5	667	3,5	286	3,5	95	3,5	1334	3,5	9504
2047	8459	4	80	2	800	4	343	4	114	4	1600	4	11397

Link 2 – Section: Novi Han on the Trakia Motorway to Bogoroditsa junction near the Iskar dam													
Year	Passenger cars		Buses		Light trucks (service cars)		Medium-duty trucks		Heavy trucks with 2 and 3 axles		Articulated trucks with trailer with 5 or more axles		Total no. of vehicles
	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	
2027	5120		80		560		240		480		1520		8000
2032	5888	3	84	1	644	3	276	3	552	3	1748	3	9192
2037	6918	3,5	90	1,5	757	3,5	324	3,5	649	3,5	2054	3,5	10792
2042	8129	3,5	97	1,5	889	3,5	381	3,5	762	3,5	2413	3,5	12672
2047	9755	4	107	2	1067	4	457	4	915	4	2896	4	15196

Link 3 – Section: Bogoroditsa junction to Samokov													
Year	Passenger cars		Buses		Light trucks (service cars)		Medium-duty trucks		Heavy trucks with 2 and 3 axles		Articulated trucks with trailer with 5 or more axles		Total no. of vehicles
	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	
2027	5400		270		630		450		540		1710		9000
2032	6210	3	284	1	725	3	518	3	621	3	1967	3	10323
2037	7297	3,5	305	1,5	851	3,5	608	3,5	730	3,5	2311	3,5	12101
2042	8574	3,5	328	1,5	1000	3,5	714	3,5	857	3,5	2715	3,5	14188
2047	10288	4	360	2	1200	4	857	4	1029	4	3258	4	16993

Link 4- section: Samokov - Dupnitsa													
Year	Passenger cars		Buses		Light trucks (service cars)		Medium-duty trucks		Heavy trucks with 2 and 3 axles		Articulated trucks with trailer with 5 or more axles		Total no. of vehicles
	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	
2027	12000		600		1400		1000		1200		3800		20000
2032	13800	3	630	1	1610	3	1150	3	1380	3	4370	3	22940
2037	16215	3,5	677	1,5	1892	3,5	1351	3,5	1622	3,5	5135	3,5	26892
2042	19053	3,5	728	1,5	2223	3,5	1588	3,5	1905	3,5	6033	3,5	31530
2047	22863	4	801	2	2667	4	1905	4	2286	4	7240	4	37763

Link 5 - Section: Bogoroditsa junction to Muhovo junction at Trakia motorway													
Year	Passenger cars		Buses		Light trucks (service cars)		Medium-duty trucks		Heavy trucks with 2 and 3 axles		Articulated trucks with trailer with 5 or more axles		Total no. of vehicles
	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	брой	% ръст	
2027	3840		240		420		360		180		960		6000
2032	4416	3	252	1	483	3	414	3	207	3	1104	3	6876
2037	5189	3,5	271	1,5	568	3,5	486	3,5	243	3,5	1297	3,5	8054
2042	6097	3,5	291	1,5	667	3,5	572	3,5	286	3,5	1524	3,5	9436
2047	7316	4	320	2	800	4	686	4	343	4	1829	4	11295

Source: Calculation by the Author

Since both alternatives use the same projected traffic intensity, with identical annual growth rates, the difference between the two alternatives lies in their different geometry and, consequently, their different construction costs. After determining the volume of traffic flows that would potentially benefit from the investment, an analysis was carried out to identify the traffic that will remain on the existing sections of the baseline alternative as a result of the diversion of some traffic onto the newly constructed routes.

In order to assess the impact on road safety resulting from any road improvement or the construction of a completely new project, it is necessary to value each accident in the area of impact, differentiated by severity, so that the benefits or costs arising from the implementation of a specific investment alternative can be calculated accordingly. For this purpose, the necessary input data in the model for calculating the value of safety are:

- Number of vehicle kilometers traveled per year with and without the proposed project;
- Number of accidents occurring per year, per million vehicle kilometers for the respective road section;
- Average number of minor injuries, serious injuries and fatalities per year for the respective road section;
- Country-specific monetary value for minor injury, serious injury and fatality;

For the purposes of this study, in accordance with the Access to Public Information Act, information was requested from the Ministry of Interior regarding the number of road traffic accidents in the area of influence of the examined sections (letter reg. No. 812104-299/22.07.2024). Based on the data received, accident rate coefficients for each road section were calculated according to the formula for the relative accident indicator U_r , specified in *the Regulation on the procedures for managing road infrastructure safety* ", namely:

$U_r = (Z \cdot 1\,000\,000) / (TQL)$ [number of accidents/per 1 million vehicle Km], where:

{Formula 2}

Z is the number of road accidents occurring in the established road section with a concentration of traffic accidents for a one-year period of time;

Q – average daily annual traffic intensity for the same period of time (number of vehicles per day);

L – length of the road section (km);

T – number of days for which Z number of accidents occurred, i.e. T = 365.

The results for the existing sections of the base case are presented in table 10 and have been entered into the HDM- 4 model accordingly.

Table 10. Accident rates on existing sections (Base case)

Section		Length (L)	AADT 2022 (Q)	Base case alternative (0)			
				Total	Injured	Dead	Material damage
No	from -to			Ur γ-κ	Ur	Ur	Ur
1.1 §1.2	Hemus" Motorway from "Zherkovo" to Soofia ring road	18	30387	34,06	3,51	0,00	30,55
1.4	Struma Motorway from sofia ring road to Dupnitsa	19	25435	29,48	0,57	0,57	28,35
1.5	Struma Motorway from Daskalovo to Dupnitsa	39	23500	24,81	3,89	0,90	20,03
1.6	Път II Road II-82 from Sofia ring road to Samokov	48	4828	21,28	1,18	2,36	17,73
2,1	Trakia Motorway from Muhovo to Sofia ring road	46	33571	37,79	1,77	0,18	35,84
3,1	Road I-8 from Muhovo at Trakia Motorway to Kostenets	12	2200	134,91	10,38	0,00	124,53
3.2 § 3.3	Road II -82 Kostenets-Raduil-Samokov	37	1826	20,52	1,14	2,28	17,10
3,4	Road II-62 from Samokov to Dupnitsa	38	6000	21,63	8,41	4,81	8,41

Source: Based on data from the Ministry of Interior and calculations by the author

In order for the alternatives to be comparable, it is also necessary to predict accident rates for the newly constructed section considered in Alternative 1 and Alternative 2.

For the purposes of such an analysis, indicators of representative sections of the same class of road are usually used, which most closely correspond in parameters, geometry and transport and operational characteristics to the new sections under consideration. In this analysis, data from the section “SOP at Struma Motorway to Daskalovo” from the base case alternative were used due to the relatively similar characteristics of this section with the newly constructed sections. The accident rates were calculated based on the estimated traffic that is assumed to use each of the new sections and are correlated with the specific lengths of each of these sections. The results are presented in table 11.

Table 11. Estimated accident rates by section for Alternative 1 and Alternative 2

Link №	Section from -to	Lenght (L)	AADT 2022 (Q)	Alternative 1 & 2			
				Total	Injured	Dead	Material damage
				Ur γ-κ	Ur	Ur	Ur
1	Hemus Motorway - Trakia Motorway (near Novi Han)	17	6000	139,67	2,69	2,69	134,30
2	"Trakia" Motorway (near Novi Han) - "Bogoroditsa"	21	8000	84,80	1,71	1,71	81,38
3	Bogoroditsa road junction -Samokov	18,5	9000	85,57	1,65	1,65	82,27
4	Samokov - Klisura	38	20000	18,75	0,86	0,86	17,03
5	Bogorodica - Trakia motorway (Muhovo)	19	6000	124,97	2,40	2,40	120,16

Source: author's idea

Based on existing European-level research and the recommendations of the Handbook on the Assessment of External Costs in Transport, in the evaluation of external costs for road safety, values are considered for the estimated external costs per injured person. The total amount borne by society for the loss of one human life in a road traffic accident in Bulgaria as of 2022 is **€2,166,645**. Accordingly, the total societal cost for a road traffic accident resulting in serious injuries is **€305,387**, and for accidents resulting in minor injuries – **€23,562**. These amounts do not account for material costs related to damage to other vehicles, cargo, infrastructure, or other property; such costs are considered to be covered by mandatory and voluntary transport insurance mechanisms. (Nikolova, H., 2023).

These monetary values are entered into the model, respectively, for each type of accident. In this way, the model allows for an assessment of the impact of an investment project on road safety, enabling a comparison of the degree of traffic-related injuries on the newly constructed sections with those on the existing ones within the project’s area of impact, expressed in quantitative and monetary terms.

As previously mentioned, traffic is a basic parameter in the construction of the Model. In this regard, 6 classes were used, according to BDS 16578, namely: light trucks /service trucks/, 2-axle trucks, 3-axle trucks, articulated trucks /trucks with a trailer with 5 or more axles/ and buses. Motorcycles are not included in the analysis, since they have a negligible destructive impact on the pavement and do not significantly worsen the capacity of the road in terms of its free flow.

Based on statistical data on purchases of new and used cars, the study used the following representative brands of motor vehicles for each of the six vehicle classes, with their respective operational, technical and dynamic characteristics as well as their corresponding transport and operating costs, current as of 2023.

- Passenger car – **Opel Astra**
- Light trucks/service class – **Peugeot Partner**
- Trucks with 2 axles, over 3.5t – **MAN**
- Trucks with 3-axles – **IVECO 140**
- Articulated trucks with trailer with 5 or more axles/ – **Mercedes ACTROS 1840**, with semi-trailer
- Buses – **Scania Irizar**

The model also requires that, when assigning values related to the representative vehicle fleet, values be set for the valuation of passenger time for business travel and for personal travel. This allows for the assessment of time losses or, correspondingly, time savings, which represent one of the most significant benefits that can arise from the construction of new or the improvement of existing transport infrastructure.

The costs related to the "value of time" are in line with the parameters set out in the European Commission's guidelines for conducting cost-benefit analyses "*Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects*" – *economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020*" and "*Guidelines for the preparation of CBA in the transport sector, 2008*". They were specifically taken from the Report on "Conducting a National Study to Determine the Value of Time", prepared under the Operational Program "Technical Assistance" 2007-2013.

The calculated rates of the value of time for personal and business trips, for both urban and interurban travel, are presented in Table 12.

Table 12. Average national value of time

Type of activity	Unit of measurement	Value
Average national value of time (based on the average prices of business and personal trips and the proportional distribution between the two types)	BGN / hour	7.55
Personal trips for public transport	BGN / hour	4.88
Personal trips for out-of-town transportation	BGN / hour	7.22
Personal trips – average price	BGN / hour	6 .02
Business trips for city transportation	BGN / hour	12.03
Business trips for out-of-town transportation	BGN / hour	18.04
Business trips – average price	BGN / hour	15.04

Source: National Survey Report "Conducting a National Survey to Determine the Value of Time"

To ensure comparability between costs and benefits arising in different periods, they should be discounted. Various approaches to estimating the social discount rate have been proposed in the literature. The approach recommended here is the social norm of time preference. This is defined as the extent to which consumers are willing to postpone a unit of current consumption in exchange for greater consumption in the future (*European Commission, 2021-2027*).

According to Annex III to the Implementing Regulation on the application form and the methodology for cost-benefit analysis, for the 2014–2020 programming period, the European Commission recommends using a social discount rate of **5%** for large projects in **Cohesion countries** and 3% for other Member States. Member States may set a reference value for the social discount rate that differs from 5% to 3%. (*European Commission 2014*).

Following the above guidelines, the present analysis has been carried out using the recommended discount rate of **5%**.

In **the third section of the third** chapter, the results are presented and conclusions are formulated from the analysis of the sample road project.

The technical and economic analysis is expressed in the comparison of the effects of each alternative with the base case (no project scenario). The results of the analysis are summarized by the author and presented in Table 13 and Table 14.

Table 63. Summary of economic indicators for the 25-year analysis period (in million euros)

Alternative	Present value of total Agency Costs	Increase in Agency Costs	Decrease in Road User Costs	Net present value (NPV)	Benefit-cost ratio (BCR)	Internal rate of return (IRR)
Base Case	274,786	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Alternative 1 – Motorway	969,708	694,97	838,43	143,5	0,148	6,7
Alternative 2 – Expressway	890,91	616,17	922,85	306,73	0,344	7,6

Source: Author's summary, extracted from the HDM-4 model

Table 74. Economic analysis for a 25-year period (in million euros)

	Increase in Road Agency Costs	Savings in Road User Costs			Net Economic Benefits
	Capital costs and Maintenance costs	Vehicle operating Costs	Travel Time Costs	Accidents costs	
Alternative 1 – (Motorway) compared to Base case	694,97	562,7	202,23	73,5	143,5
Alternative 2 – (Expressway) compared to Base case	616,17	668,2	190,99	63,66	306,73

Source: Author's summary, extracted from the HDM-4 model

The results of the analysis conducted, as summarized in the tables above, provide a basis for the following conclusions:

The increased costs for the road agency associated with the construction and maintenance of a Motorway (Alternative 1) amount to €694,970,000 compared to the base, while for the Expressway (Alternative 2) they amount to €616,170,000.

On the other hand, the direct socio-economic benefits resulting from the implementation of the project, whether by the construction of a motorway (Alternative 1) or an expressway (Alternative 2), will be:

- reduction in operating costs (traffic-operational costs) of the vehicles using the new routes, and consequently a reduction in road users costs;
- travel time savings;
- reduction in accident costs.

For Alternative 1 (motorway), the savings for road users amount to €838,424,000, while for Alternative 2 they amount to €922,850,000.

However, in order to determine the exact year in which the NPV (net present value) for **Alternative 1** becomes positive, i.e. the net benefits of the project exceed the investments and the project becomes profitable, the economic indicators are presented not only for the project's analysis period of 25 years, but also for analysis periods of 18,19,20,21,22,23 and 24 years. This information is summarized by the author and presented in Table 15.

Table 15. Summary of economic indicators for Alternative 1 (motorway) compared to the Base case shown for different analysis periods

Analysis period	Discount rate	Net Present Value (NPV) Euro (thousand)	Internal Rate of return (IRR) %	Benefit-cost ratio (NPV/C)
25 years	5	143,504	6.7	0.148
24 years	5	118,118	6.4	0.123
23 years	5	80,526	6.0	0.085
22 years	5	44,305	5.6	0.047
21 years	5	23,941	5.4	0.026
20 years	5	-0.172	5	-0.000
19 years	5	-34,084	4.5	-0.038
18 years	5	-61,296	4.0	-0.070

Source: Own analysis based on indicators obtained from the HDM-4 model

To determine the exact year in which the NPV (net present value) for **Alternative 2** becomes positive, i.e. the net benefits of the project exceed the investments and the project becomes profitable, the economic indicators are presented not only for the project analysis period of 25

years, but also for analysis periods of 18,19,20,21,22,23 and 24 years. This information is summarized by the author and presented in Table 16.

Table 16. Summary of economic indicators of Alternative 2 (expressway) compared to the Base case, shown for different analysis periods

Analysis period	Discount rate	Net Present Value (NPV) Euro (thousand)	Internal Rate of return (IRR) %	Benefit-cost ratio (NPV/C)
25 years	5	306,731	7.6	0.344
24 years	5	260,325	7.3	0.295
23 years	5	204,740	6.9	0.237
22 years	5	140,972	6.4	0.164
21 years	5	96,965	6.0	0.114
20 years	5	50,750	5.6	0.061
19 years	5	1,134	5.0	0.001
18 years	5	-48,446	4.4	-0.061

Source: Own analysis based on indicators obtained from the HDM-4 model

From this analysis it follows that the first year of return for Alternative 1 is in the **21st** year, and the first year of return for Alternative 2 is in the **19th** year.

In order to illustrate the cash flow forecast for each year of the analysis period, the author has summarized in Table 17 the information on the road agency costs and road users costs, for all sections, for each of the alternatives.

Table 17. Cash flows from the costs of the road agency and road users for Alternative 1, Alternative 2 and Baseline Scenario for the analyzed period (in million euros)

Year	Alternative 1 - Motorway		Alternative 2 - Expressway		Base case – without project	
	Road agency costs	Road user costs	Road agency costs	Road user costs	Road agency costs	Road user costs
2023	217.29	1 198.00	197.83	1 198.00	60.24	1198.00
2024	183.76	1 134.50	165.21	1 134.50	0.01	1123.01
2025	216.75	1 113.44	199.09	1 113.44	9.21	1102.61
2026	166.67	1,081.79	149.85	1,081.79	15.11	1082.02
2027	17.15	1,011.73	17.15	1,387.33	2.76	1068.20
2028	37.12	988.98	37.13	967.59	37.13	1057.13
2029	0.00	972.87	0.00	948.43	0.03	1031.66
2030	4.21	960.23	4.21	935.69	4.21	1015.81
2031	16.93	947.36	16.96	922.75	16.92	997.85
2032	0.00	925.16	0.00	900.72	0.00	968.67
2033	3.97	910.98	3.97	886.56	3.97	950.32
2034	0.01	897.34	0.01	872.93	0.04	932.84
2035	18.84	884.03	10.15	859.43	18.83	920.18
2036	16.79	868.80	21.99	847.10	28.32	905.08
2037	8.83	851.95	8.83	828.37	0.01	883.38
2038	20.38	836.54	20.37	813.33	28.04	869.66
2039	0.02	825.92	0.02	803.05	0.01	861.14
2040	15.67	816.46	15.67	793.66	0.01	850.73
2041	24.17	802.37	23.64	780.26	15.96	840.93
2042	2.01	787.25	0.01	763.39	3.34	822.82
2043	8.77	776.31	8.76	754.45	2.44	809.61
2044	10.86	764.96	8.79	743.60	0.02	798.87
2045	8.92	756.22	3.47	734.35	10.80	793.15
2046	10.31	751.54	13.64	730.43	17.38	784.51
2047	- 39.65	734.14	- 35.78	713.31	0.01	769.10
Total	969.75	22,598.89	890.96	22,514.46	274.79	23,437.30

Source: Author's summary, extracted from the HDM-4 model

This information allows to determine, for each year, the amount of maintenance funds required for each section so that the road is maintained in good operating condition for the entire

reference period. Thus, the use of the model serves as a tool for forecasting cash flows and optimal management of investments in road infrastructure.

It should be noted that the negative value in the road agency costs for the last year of the analysis period, namely 2047, for both alternatives (Alternative 1 and Alternative 2), represents the residual value of the asset, that is not utilized within the scope of the analysis. It reflects the value of the remaining service life of the last rehabilitation, which was not subject to usage within the analysis period, and is included as a negative value to ensure correct accounting in the economic assessments.

Given the above, the aspects of the analysis can be considered in two directions:

- It is possible to determine when the investment will be paid back;
- It is possible to forecast and plan the amount of required funds for each year of the analysis period, for each road section, so that the road is maintained in the best possible condition.

In **the fourth section of the third** chapter, a summary is made and recommendations are formulated for the use of the methodology for road development and management based on the HDM-4 model.

The application of the HDM-4-based methodology for road development and management provides the establishment of a forecast model that simulates year-by-year traffic conditions on a studied road section/sections and forecasts the costs during the analysis period for a series of alternatives (technical solutions for new construction and/or reconstruction and maintenance), defined by the user with the possibility of application at the national level. The model provides information on the optimal funds required by years for certain analysis period, so that the considered road sections are maintained in good operating condition. The model provides the ability to forecast cash flows, which allows for systematic planning of costs, assessment of investment efficiency and identification of the alternative with the highest socio-economic benefit. Comparing the costs generated under different alternatives allows for the evaluation of the advantages and benefits of the proposed technical solutions, as well as the calculation of the payback period of the investments, as a function of the savings in the road users costs. For the purpose of a more extensive analysis, the model allows for the valuation of losses from road

accidents, given the availability of data on the number of accidents that occurred, and from there to assess the social effect, in addition to the purely economic one.

It is important to note, however, that the effectiveness of the application of the model is mainly expressed in the ability to forecast the cash flows that would be generated over time, so as to optimize the management of investments in road infrastructure under specific conditions. This will also provide predictability of the investments (costs) that the respective road section would require in order to be maintained in good operating condition for the period of analysis. This argument should be taken into account when conducting a cost-benefit analysis for major and strategic infrastructure projects, the construction of which requires substantial capital investments and for which the “net” economic result at the end of the analysis period may not be positive, while the social, geopolitical, and other long-term benefits are expected to justify the construction of such a project. In this case, the use of the HDM-4 model allows for forecasting the future investments required for the maintenance of the asset, ensuring that these funds can be planned both in terms of amount and proper timing.

It is a well-known fact that deferred repairs would generate higher costs in future periods. In this context, if the timing of maintenance investments recommended by the model is followed, the costs will not only be predictable but also optimized. In this way, if all maintenance needs are addressed in year “X,” there will be fewer requirements in the subsequent years.

Based on the conducted experimental technical and economic analysis of a sample road project, through testing the effectiveness of the calibrated and adapted HDM-4 model, the author recommends the use of the methodology for road development and management as a tool for forecasting cash flows and optimal management of investments in road infrastructure.

CONCLUSION

Investments in road infrastructure play a key role in the progress and socio-economic development of each country and each individual region. In economic terms, road transport increases production, turnover and employment in sectors related to transportation activities. From a social perspective, roads contribute to the opening of new industries, improving accessibility, social interactions, education, healthcare services, increasing incomes, preventing the process of depopulation (*Mihailov, N., 2014*).

Improving the operational condition of the road transport network generates a certain socio-economic effect, by reducing vehicle operational costs, reduction in travel time, as well as a reduction in road accidents. However, the maintenance, modernization, and further construction of road infrastructure require substantial investments. For this reason, the optimal management of investments in the road infrastructure is crucial to ensuring the long-term efficiency and sustainability of the transport system. To achieve optimal investment management, it is necessary to analyze, forecast, and appropriately allocate funds over time within a defined analysis period. For assessing the feasibility of such investments, information about road users, who bear certain costs associated with its use, is also required.

On the other hand, improper planning of road maintenance and network development leads to a significant increase in traffic accidents, congestion, and traffic jams on roads that have reached or are near their capacity limits. All of this results in substantial losses for the transportation sector and for the entire economy.

Since resources for public investment in road infrastructure are limited, it is of utmost importance that these funds are spent rationally and efficiently. Priority should be given to addressing issues on the most congested and dangerous sections of the national road network, by taking the necessary measures for the timely implementation of projects and programs for maintenance, rehabilitation, reconstruction and further construction of the road network. For this purpose, an effective tool is needed for the development of strategies for road infrastructure management at national level, which would assist in identifying the current and future needs of the society and the economy, so as to optimize investments in response to these needs.

Regarding timely road maintenance, it is important to be able to forecast the amount of funds required for each year, with planning based on actual needs, so that roads are maintained in the best possible condition. This will help ensure that maintenance and repair needs for a certain road are met, preventing its deterioration and avoiding higher future costs resulting from deferred repairs. Thus, the improvement in road infrastructure management is expressed in the possibility of redirecting funds to preventive maintenance and, accordingly, reducing deferred rehabilitation.

Regarding the completion and expansion of the road network, it is necessary to use methods for comparing alternative projects, through economic analyses, to determine those project options that will have the greatest impact on the economy and public welfare. This implies having a working model that allows pre-investment feasibility studies of a certain project based on technical and economic analyses, which can either justify or reject a given design solution related to the construction of new sections, the widening of existing ones based on actual and forecast traffic, so as to justify the real need for a particular investment. This implies examining a series of alternatives and selecting the most optimal one. In this way, the capital investments made will be recovered within a relatively short period—an essential requirement in the planning, programming, and financing of investment projects - while the benefits to society will be substantial. This can be determined on the basis of the investment payback period, which indicates when the capital expenditures and maintenance costs will begin to generate benefits for users, expressed through savings in vehicle operating costs, reduced travel time, and the monetized value of decreased accident rates.

For the purposes of the above, the „Methodology for determining the economic efficiency of road construction projects" dated 1990 no longer meets modern conditions and needs and is practically inapplicable. A new methodology is required to update and build upon the existing one.

For this reason, it would be appropriate for Bulgaria to have an effective tool that would assist the Road Agency in carrying out both short-term and long-term planning of the costs for road maintenance and development and which would be in line with the actual needs of the road network.

In this context, and in line with the main objective of the dissertation, internationally established tools for planning and managing investments in road infrastructure were studied and analyzed. As a result of the analysis, a tool was selected whose capabilities would maximally

satisfy the needs of the roads from the republican road network. In fulfilment of the dissertation tasks, a methodology for road development and management based on the HDM-4 model was developed, serving as a practically applicable tool for forecasting cash flows and optimally managing investments in Bulgaria's road infrastructure.

During the research, the model was calibrated and adapted to national conditions, provided with the necessary input data and tested on a sample road project (case study). Based on this process, a methodology for its practical application was developed. To accomplish this task, a field survey was carried out to assess the condition of specific sections of the national road network falling within the impact area of the analyzed project. Data was collected regarding the geometric characteristics and identified defects of these sections, and official information was also requested from the Road Infrastructure Agency concerning the timing of the most recent repairs. In accordance with the applicable regulatory framework, a set of standards for routine and periodic maintenance was developed, along with defined intervention criteria and thresholds that trigger these standards. The traffic intensity along the sections within the project's influence area was analyzed based on official data obtained from the Road Infrastructure Agency, resulting in the development of a model forecasting traffic intensity over the 25-year analysis period. Based on official information regarding traffic accidents that occurred on these sections, accident rates were determined. A representative national vehicle fleet by vehicle class was selected, presented with the technical characteristics relevant to the analyses. For the purposes of the conducted assessment, parameters such as vehicle operating costs, fuel and lubricant prices, labor costs, material prices, and routine maintenance expenses were determined based on up-to-date information from the National Statistical Institute and other publicly available sources. As a result of the conducted research, the value of travel time was established, as well as the societal costs associated with the various types of traffic accidents, depending on their severity.

As a result of the experimental application of the model on the sample road project, the obtained and analyzed results, the author recommended the use of the road development and management methodology based on the adapted HDM-4 model as a tool for forecasting cash flows and optimal management of investments in road infrastructure.

It is undeniable that for such a tool to function effectively, a substantial amount of information and time resources would be required. However, its application would support — and

even resolve — key challenges in the construction, modernization, and maintenance of road infrastructure in the long term, ensuring alignment with national strategic priorities and European development directions.

Unfortunately, the condition of roads in Bulgaria continues to lag behind the needs and expectations of the society. It is far from what is understood in Western and Central Europe as high-quality and well-maintained road infrastructure. There are even signs of further slowdown in the pace of road network repairs due to limited financial resources and administrative obstacles that are difficult for the public to understand.

This negative trend can be improved by implementing a methodology for road development and management based on the HDM-4 model, which can allow for predictability of investments in the longer term so as to optimize the funds for the maintenance of the entire road infrastructure. The benefits of implementing such a methodology would be of great importance for the proper targeting and even distribution of financial resources in the road infrastructure and for the country's economy. In this regard, the use of this tool can primarily assist the administration managing the National road network, represented by the Road Infrastructure Agency, in making decisions regarding the need to build new sections, planning timely rehabilitation and reconstruction of existing ones, and preparing a strategy for optimal maintenance over time. This would allow the road agency to carry out medium-term and long-term planning of construction and maintenance costs and to study investment intentions on Bulgaria's roads, having an effective tool for optimal investment management and cash flow forecasting in the road infrastructure.

As a result, this tool will help improve the condition and development of the road sector by improving the safety and comfort of the republican roads, while simultaneously minimizing overall transport costs for users and, accordingly, generating savings for society.

After calibrating the HDM-4 model to national conditions, providing it with the necessary input data and testing it on an sample road project, the main thesis was confirmed, namely that an effective mechanism for predictability and planning of investments in the longer term can be created, thus optimizing the funds required for the construction and maintenance of the road infrastructure. This process led to the development of a methodology for the practical application of the model, providing an effective tool for forecasting cash flows and optimal management of investments in the road infrastructure. Based on the conducted research, it can be concluded that the objective and specific tasks of the dissertation have been successfully achieved.

List of contributions of the dissertation work

III. Scientific and Theoretical contributions:

- Based on an in-depth literature review, a systematic overview and comparative analysis were conducted of the main characteristics and elements of tools applied in theory and practice for forecasting cash flows and managing investments in road infrastructure, in order to improve the condition of the national road network.
- Through the synthesis of applicable theoretical models for investment efficiency assessment and cash flow forecasting, the author proposed a model optimizing the satisfaction of road users of the republican road network.

IV. Applied and Methodological Contributions:

- Based on an in-depth applied and statistical analysis from the empirical study of a sample road project, using real data from the Road Infrastructure Agency and the Ministry of Interior, the proposed HDM-4 model was adapted and calibrated to national conditions.
- Based on applied summaries, a comparative assessment of different alternatives under various parameters of the sample road project was conducted, and on this basis, a practical tool for forecasting cash flows in road project evaluation was proposed, including the author's method for measuring the efficiency of road investments.
- Through the synthesis of data from the targeted study, approaches applicable to the Bulgarian context for valuing the effects on road users were proposed. On this basis, using the author's methodology for assessing road development and management, a model for forecasting cash flows and optimally managing investments in Bulgaria's road infrastructure has been systematized, proposed and adapted to national conditions.

List of Publications on the Topic of the Dissertation

1. Hristova, D. “Mechanism for Effective Road Infrastructure Maintenance through an Updated Methodology for Planning Timely Road Repairs in Bulgaria,” Jubilee Scientific Conference for the 50th Anniversary of the Department of Economic Sociology, April 29, 2025, Collection of Papers. ISBN: 978-619-232-903-7
2. Hristova, D. “The HDM-4 Methodology as a Tool for Forecasting Road Investments and Managing Bulgaria’s Road Infrastructure,” Scientific Journal Mechanics Transport Communications, Vol. 23, Issue 1/2025, Article No. 2643. ISSN: 1312-3823
3. Hristova, D. “COVID-19: Impacts and Challenges for the Transport Sector and the Response of Road and Transport Agencies,” International Scientific Conference on “Trends and Strategies for Economic and Public Rebuilding after the COVID-19 Pandemic,” March 15–17, 2023, Collection of Papers, ISBN 978-619-232-750-7, pp. 249–25