



МЕТОДОЛОГИЯТА HDM-4 КАТО ИНСТРУМЕНТ ЗА ПРОГНОЗИРАНЕ НА ИНВЕСТИЦИИТЕ В ПЪТИЩАТА И УПРАВЛЕНИЕ НА ПЪТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА НА БЪЛГАРИЯ

Диляна Юлианова Тюфекчиева Христова

dilyana.tyufekchieva@unwe.bg

**Университет за национално и световно стопанство,
гр. София, ул. 8-ми Декември,
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: *пътна инфраструктура, методология за развитие и управление на пътища, технико-икономически анализ, HDM-4, пътна поддръжка и рехабилитация*

Резюме: *Статията разглежда ползите и ефективността при извършване на технико-икономически анализи чрез прилагането на Методология за развитие и управление на пътищата на база модела HDM-4 (Highway Development & Management), като инструмент за прогнозиране на паричните потоци и оптимално управление на инвестициите в пътната инфраструктура. Моделът HDM-4 е разработен от Световната Банка и по същество е инструмент за подкрепа на вземане на решения, който може да се използва за обработка на данни за цялата пътна мрежа и участниците в движението, за да се осигури подходяща информация за дългосрочно управление на пътната инфраструктура и оптимизирането на работите по поддръжката и рехабилитацията на пътищата. Като резултат се очаква да се подобри развитието и състоянието на пътния сектор и неговата поддръжка, с цел да се минимизират общите транспортни разходи за ползвателите и да се реализират икономии за обществото.*

УВОД

Пътната карта на България за Европа започва от нашите пътища и улици. Ако тази карта е един постоянен критерий, състоянието на нашите пътища, мостове и тунели е твърде променлива във времето величина. Със или без натоварване във времето те се амортизират.

Пътното трасе с влошени качества, освен безспорно намаляване на безопасността при пътуване, води и до увеличаване на експлоатационните разходи на водачите на моторни превозни средства. Такова трасе налага и намаляване на предвидената проектна скорост, което води до увеличаване на времето за пътуване, както и на влошаване комфорта на самото пътуване.

Планирането на инвестициите в областта на пътната инфраструктура в България в последните години създава впечатление на хаотичен процес без перспектива относно възможности за финансиране, методи на изпълнение и поддръжка на новоизградените и

съществуващи участъци. Провеждането на технико-икономически анализи на етап пред-инвестиционно проучване е добра практика при оценката на проектни предложения за тяхната осъществимост, но получените резултати по отношение техният срок на откупуване, не винаги следва да са мерило дали дадено трасе да бъде изградено. Това се обуславя от факта, че такъв анализ трудно би отчел социалния ефект, който такива проекти биха реализирали.

Друг ключов момент е, че на национално ниво като че ли единственият проблем е как ще се построи даден път и проблемът приключва с неговото изграждане. Докато подхода трябва по-скоро да бъде как ще се поддържа този път занапред, така че да се запазят неговите експлоатационни характеристики максимално дълго във времето, за да се „берат“ плодовете от вложените огромни инвестиции за изграждането му възможно най-дълго.

Без адекватна и навременна поддръжка пътната мрежата се влошава значително поради факторите на преминаващото движение и околната среда, водещи до увеличаване на разходите за експлоатация на превозните средства (Pavan & Anjaneyappa, 2016) [1].

1. СЪСТОЯНИЕ НА РЕПУБЛИКАНСКАТА ПЪТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА

Изграждането на пътища от републиканската пътна мрежа не е предмет на частни инвестиции. Частният инвеститор няма икономически обоснована причина да изгради път за обществено ползване, тъй като няма нормативен механизъм, по който да получи възвръщаемост от инвестицията си. И вероятно е по-добре да се остави инвестиционния процес за пътищата в ръцете на тези, които са професионално и по силата на закона административно призвани да го правят.

Дължината на републиканската пътна мрежа е приблизително 20 000 км, което включва автомагистрала и пътища от първи, втори и трети клас. Същите са изключително държавна собственост и се управляват от Агенция „Пътна Инфраструктура“.

Като цяло през последните 20 години Република България е инвестирала в пътния сектор по-малко от други държави в ЕС за рехабилитация и строителство. Секторът генерира собствени приходи основно чрез винетна система и таксите за специално ползване на републиканските пътища и пътен данък за общинските пътища. Така набраните средства са незначителни и едва покриват разходите за поддръжка на пътната мрежа. Възможностите за увеличаване на собствените приходи са свързани преди всичко със системите за таксуване и най-вече с въвеждане на ТОЛ системата. Динамичното нарастване на автомобилният парк и ежегодното увеличение на автомобилният трафик намират отражение във все по-интензивното ползване на пътната мрежа (*Министерски съвет, 2022 г.*) [2].

2. СТРАТЕГИЯ ЗА РАЗВИТИЕ НА ПЪТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА В КОНТЕКСТА НА НАЦИОНАЛНИТЕ ЦЕЛИ

Четири основни принципа лежат в основата на Стратегията за развитие на пътната инфраструктура и са използвани за формулиране на визията и стратегическите цели. Те включват устойчивост, свързаност, достъпност и съхранение на активите. Предмет на настоящето изследване е устойчивостта и съхранението на активите а именно:

Устойчивост: Най-фундаменталният принцип на стратегията осигурява устойчивост на пътната мрежа и гарантира, че средствата, инвестирани в сектора, носят дългосрочни ползи за икономиката. Това изисква три отделни условия:

- **Устойчивост на поддръжката:** Гарантира, че строителните работи са планирани и приложени по такъв начин, че да се запазят инвестициите и да се намалят общите разходи за рехабилитация, поддръжка и експлоатация на инфраструктурата. В рамките на стратегията: (1) поддръжката е приоритетна пред новите инвестиции; (2) поддръжката трябва да се планира, да се определи бюджетът и да се изпълнява така, че пътищата да не се компрометират преди изтичане на периода, за който са проектирани; и (3) рехабилитация на пътища, които са трудни за поддържане, ще се извършва само, когато поддръжката може да се гарантира.

- **Финансова устойчивост:** Сигурност, че финансовите ресурси са достатъчно и своевременно на разположение за финансиране на планираните строителни работи. Отложената поддръжка води до ускорено влошаване на състоянието на пътната мрежа и непропорционално високи разходи за възстановяване на пътищата до приемливо състояние. В рамките на стратегията се приема, че: (1) потоците на финансиране на поддръжката ще бъдат достатъчни и стабилни; (2) бюджетите за поддръжка ще бъдат своевременни, като финансирането ще бъде осигурено без забавяне; (3) недостигът на средства за поддържане ще се финансира с предимство пред нови инвестиции.

- **Устойчивост на капацитета:** Осигуряване на административен капацитет, както за управлението на пътищата, така и на договорите за строителните работи. В стратегията се приема, че: (1) ще бъде използвана система за събиране на данни, управление на информацията и поддръжка на пътната мрежа, както и подходящи инструменти за планиране на необходимата поддръжка;

Съхранение на активите: Принципът за съхранение на активите е свеждане до минимум на разходите през жизнения цикъл на поддържане на пътната мрежа, стремеж да се предотврати високата цена на отложената поддръжка. Недостатъчната поддръжка на пътищата води до непропорционално високи разходи за бъдеща поддръжка, скъсяване живота на настилките, намаляване на периода за рехабилитация, и съответно до бързо нарастващи разходи на потребителите. В стратегията поддръжката се разглежда като превантивно действие, а не като отговор на вече наблюдавани проблеми [2].

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.

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 неколkokратни, а експлоатационните разходи на водачите са значително завишени при използването на инфраструктура от подобен характер.

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. По този начин би се дала възможност за планиране на инвестициите, както на етап предпроектни проучвания, така и на етап съществуваща инфраструктура.

Предварително заложените стандарти за поддържане и рехабилитация, които ще се прилагат във времето, по различните пътни участъци, ще повлияят положително на бъдещото „поведение“ на пътя, а също и на общите разходи за съответния пътен участък. Следователно е от съществено значение да се наблюдават вариациите в разходите спрямо състоянието на пътните участъци като резултат от прилаганите

стандарти за пътна поддръжка, за да се определи приложението на кой стандарт е най-подходящ и икономически оптимален [3].

Навременните ремонти от своя страна целят да ограничат по-нататъшното влошаване на пътната мрежа и респективно необходимостта от по-големи инвестиции, които биха произлезли от това и най-вече да създадат условия за ограничаване на пътно-транспортните произшествия в резултат на по-добро експлоатационно състояние.

3. МЕТОДОЛОГИЯ ЗА РАЗВИТИЕ И УПРАВЛЕНИЕ НА ПЪТИЩАТА

HDM-4 (Highway Development & Management) е система за управление, развитие и поддръжка на пътища, разработена от Световната Банка. Тя представлява мощна специализирана методология за изграждане на пътно-транспортни модели позволяваща да се извършват технико-икономически анализи на алтернативни решения и подходи за поддържане, 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 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 приложените стандарти за поддръжка върху състоянието на настилката. HDM-4 моделира взаимовръзките във времето между експлоатацията на превозните средства и влошаването на състоянието на пътя, като оценява въздействието на състоянието на пътната инфраструктура върху разходите за експлоатация на превозните средства.

В модела са концентрирани резултатите на голям брой научни и практически изследвания в резултат, на които са изведени корелационните уравнения свързващи транспортно експлоатационните разходи на моторните превозни средства с геометричните характеристики на пътя, състоянието на пътната настилка и развитието на дефектите във времето. Той представя метод за изчисляване на спестяванията на времето за пътуване, намаляване на аварийността и икономии от транспортно-експлоатационните разходи на превозните средства, като функция от ремонта на настилката, направен в определено състояние на деградация.

Въз основа на тази платформа се моделират паричните потоци свързани с транспортно експлоатационните разходи, разходи понесени в резултат от ПТП-та и разходите по поддръжка и реконструкция както на ниво единичен проект, така и на ниво пътна мрежа. Чрез съответен корекционен коефициент известен като „фактор за осъвременяване“ или сконтов процент се привеждат всички разходи, които ще бъдат направени в бъдеще, към стойността им в момента на вземане на решение или в определена година в бъдещето. Моделът HDM-4 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 [4].

Силата на методология на Световната Банка е в създаването на прогнозен модел, който симулира година по година условията на движение по изследван път или пътни участъци и прогнозира разходите през анализния период за серия от алтернативи (технически решения за ново строителство и/или ремонт), определени от потребителя. Моделът дава информация за оптималните средства необходими по години за времето на анализния период, така че разглежданите пътни участъци да бъдат поддържани в добро експлоатационно състояние. Сравняването на разходите, генерираните при

различните алтернативи, 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. По този начин се създава ефективен инструмент за взимане на най-целесъобразно решение относно изграждането на дадено трасе и/или приоритизирането на обектите за ремонт и съответно формирането на финансов план. За целите на един по-разширен анализ, моделът позволява да се остойностят загубите от ПТП, при наличие на данни за настъпили брой произшествия и от там да се оцени социалния ефект, в допълнение на чисто икономическия такъв.

В световен мащаб моделът HDM-4 се използва най-често като основа за предпроектни проучвания, при които пътен проект се оценява от гледна точка на неговата икономическа жизнеспособност. По-изчерпателен тип оценка, базиран на HDM-4, обаче е мрежовата оценка, която оценява цялата пътна мрежа, за да подпомогне пътните агенции при тяхното стратегическо планиране на инвестициите в пътната инфраструктура при определянето на рационална програма за извършване на пътни работи. Икономическа оценка на база пътната мрежа е най-предизвикателната употреба на модела, но усилията са оправдани, като се имат предвид потенциалните спестявания на транспортни разходи чрез сравняване на различни алтернативи на проекти и извършване на оптимизация при бюджетни ограничения [5].

HDM-4 по същество е инструмент за подкрепа на вземане на решения, който може да се използва за обработка на данни за цялата пътна мрежа, околната среда, участниците в движението, за да се осигури подходяща информация за дългосрочно управление на пътната инфраструктура и оптимизирането на работите по поддръжката и рехабилитацията.

Чрез извършените икономически анализи на база платформата HDM-4 може да се:

- Планират пътните работи и да се прогнозира необходимите за тях средства;
- Определи най-ефективната инвестиция или комбинация от инвестиции измежду конкуриращи се алтернативи;
- Оценят общите нетни ползи (икономии) за обществото при избора на съответната инвестиционна стратегия;
- Определят параметрите, индикиращи степента на инвестиционната ефективност NPV (нетна настояща стойност), BCR (коефициент за ефективност/съотношение на ползи-разходи), IRR (вътрешна норма на възвращаемост) и срок на откупуване на инвестицията.

4. КАЛИБРИРАНЕ И АДАПТИРАНЕ НА МОДЕЛА

Като всяка друга платформа и HDM-4, за да почне да изгражда своите вътрешни модели и за да “оживее”, се нуждае да бъде запазена и съответно калибрирана с входна информация. Колко добре моделът ще прогнозира реалността зависи от комбинация от валидност на основните взаимовръзки, точност и адекватност на входните данни и калибриращи фактори, използвани в анализа. [6]

Поради тази причина, преди да се използва HDM-4 в която и да е страна, системата трябва да бъде конфигурирана и съответните модели за прогнозиране трябва да бъдат калибрирани така, че да отразяват местните условия.

За тази цел е необходимо да се извършат необходимите проучвания, да се създаде база данни и да се дадат предложения за адаптиране на Методологията HDM към местните условия, така че да могат да се използват подходящи стойности по подразбиране при анализи на проекти на територията на България. А именно:

- Определяне на ключовите характеристики на пътната мрежа като функционална класификация, пропускливост, типове настилки, геометрични конструктивни характеристики (надлъжна равност, носимоспособност и степен на разпространение на повърхностни дефекти);
- Определяне на основните характеристики на движението по пътната мрежа, като средногодишен дневен трафик (AADT) по разглежданите участъци, 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);
- Технически характеристики на избрания представителен автомобилния парк (по класове автомобили), среден експлоатационен живот, разходи за придобиване и разходи за единица ресурси на превозното средство;
- Определяне на климатичните и топографски особености в страната по региони, които засягат състоянието и „поведението“ на настилката, надморска височина и необходимост от зимна поддръжка;
- Съобразно действащата нормативна уредба определяне и залагане 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 материали, цена гориво-смазочни материали, разходи за текущ ремонт и поддържане,
- Въз основа на национални и международни проучвания определяне на цената на времето и остойностяване загубите от пътнотранспортни произшествия.

5. ОЧАКВАНИ РЕЗУЛТАТИ ОТ ПРИЛАГАНЕТО НА МЕТОДОЛОГИЯТА В БЪЛГАРИЯ

Чрез адаптирането и прилагането на методология за развитие и управление на пътищата на база платформата HDM-4, ще се даде възможност за предвидимост на инвестициите в по-дългосрочен план и ще се оптимизират средствата, необходими за изграждането и поддържането на пътната инфраструктура. Това може да се реализира ако Републиканската пътна мрежа, разделена на отделни участъци, бъде въведена в обща система, така че на база текущото състояние да се планират ремонтите и поддръжката във времето.

Използването на модела може да подпомогне администрацията, управляваща Републиканската пътна мрежа в лицето на Агенция „Пътна Инфраструктура“ за вземането на решения относно необходимост от изграждане на нови участъци, приоритизирането им, планиране на навременна рехабилитация и реконструкция на съществуващи такива и изготвяне на стратегия за оптимална поддръжка. Като резултат се очаква да се подобри развитието и състоянието на пътния сектор и неговата поддръжка, с цел да се минимизират общите транспортни разходи за ползвателите и да се реализират икономии за обществото.

Приложеният икономически подход би създал възможност за обективен стойностен анализ в условията на пазарна икономика, където действителните лихвени и инфлационни проценти ще бъдат фактор при вземане на технически решения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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 „добрия път“. 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 би могла да се подобри чрез прилагането на система за развитие и управление на пътищата в България, на база методологията HDM-4, чрез адаптирането ѝ към местните условия и захранването ѝ с необходимите данни, както и тяхната последваща актуализация. Безспорно е, че за да функционира ефективно модел от подобен мащаб, ще е необходим голям информационен и времеви ресурс, но внедряването на една такава система би подпомогнала, дори разрешила ключови проблеми в изграждането и поддържането на пътната инфраструктура в дългосрочен план, така че да се следват националните стратегически и европейски посоки на развитие.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Pavan V., Anjaneyappa, B., (2016). Project Level Analysis using Highway Development and Management Model (HDM – 4), Conference Paper.
<https://www.researchgate.net/publication/311594053>
- [2] Министерски съвет. (2022) Стратегия за развитие на пътната инфраструктура в Република България 2016 - 2022 г.
<https://www.strategy.bg/strategicdocuments/View.aspx?lang=bg-BG&Id=1005>
- [3] Suwanto, F., and Fauziyah, S., (2019). Financial economic cost on gravel road maintenance: study using HDM-4, 2nd International Conference on Green Civil and Environmental Engineering. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/669/1/012033>
- [4] Kerali, H.G.R., McMullen, D. and Odoki, J.B. (2000). Analytical Framework and Model Descriptions – HDM-4 Documentation Series, Vol. 4, The World Road Association (PIARC), Paris, France
- [5] Archondo-Callao, R., (2008). Applying the HDM-4 Model to Strategic Planning of Road Works. Transport paper series;no. TP-20. World Bank, Washington, DC.
<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17419>
- [6] Bennet C. R. and Paterson W D O (2000). “A Guide to Calibration and Adaptation”, HDM-4 Documentation Series, Vol. 5, The World Road Association (PIARC), Paris, France.

HDM-4 AS A TOOL FOR FORECASTING INVESTMENTS IN ROADS AND MANAGING THE ROAD INFRASTRUCTURE OF BULGARIA

Dilyana Yulianova Tyufekchieva Hristova
dilyana.tyufekchieva@unwe.bg

University of National and World Economy
1700 Sofia, Student District, No.19 December 8th st.,
THE REPUBLIC OF BULGARIA

Key words: *road infrastructure, methodology for road development and management, technical and economic analyses, HDM-4, road maintenance and rehabilitation*

Abstract: *The article examines the benefits and effectiveness of performing technical and economic analyses based on the HDM-4 (Highway Development & Management) model, as a tool for forecasting of cash flows and optimal management of investments in road infrastructure. The HDM-4 model is developed by the World Bank and is a decision support tool that can be used to process data of the entire road network and road users' data, to provide adequate information for long-term management of the road infrastructure and helps optimization of road maintenance and rehabilitation works. As a result, it is expected to improve the development and condition of the road sector and its maintenance, in order to minimize the overall transport user costs and achieve savings for society.*