

ПОДХОД ЗА МНОГОКРИТЕРИАЛНА ОЦЕНКА И ПОДБОР НА ЖЕЛЕЗОПЪТНИ ИНФРАСТРУКТУРНИ ПРОЕКТИ

Димитър Димитров, Ирена Петрова

ddimitrov@vtu.bg, ipetrova@vtu.bg

**Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“
София, ул. „Гео Милев“ № 158
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: многокритериална оценка, подбор, приоритет, железопътни, инфраструктурни проекти, АНР метод, ползи/разходи.

Резюме: Нарастването на трафика е световен проблем и това налага всяка държава да търси начин да развива своята инфраструктура. Транспортната инфраструктура на редица места е остаряла, изчерпала своя капацитет, с много идентифицирани тесни участъци, неспособна да отговори на новото търсене. В процеса на избор на инфраструктурни проекти намира широко приложение мултикритериалната оценка за тяхното идентифициране и приоритизиране. В настоящия доклад се представя един подход за многокритериална оценка и подбор на железопътни инфраструктурни проекти.

ВЪВЕДЕНИЕ

Нарастването на трафика, остарялата инфраструктура с изчерпан капацитет са проблеми, стоящи пред правителствата в целия свят. Това изисква спешни мерки, за които са необходими сериозни инвестиции. Развитието на съвременната транспортна инфраструктура се осъществява чрез различни проекти за управление на трафика за разширяване, реконструкция и ремонт на инфраструктурата. Финансирането на проектите е изцяло от държавата (от бюджета или чрез заеми) или от публично-частни партньорства. Известно е, че състоянието на транспортната инфраструктурата оказва влияние върху икономическото и социалното развитие на конкретен регион и на страната като цяло, а развитието на конкретен вид транспортна инфраструктура осигурява конкурентните му предимства пред другите видове. Всичко това налага да се разработи методология, която да показва от кой проект да се започне, кой да се реализира след първия и т.н.

Тенденция в планирането на транспортната инфраструктура е да се работи в посока предлагане и търсене на екологичен транспорт, като се наблегне на развитието на железопътния транспорт.

Проследените публикации за оценка и подбор на портфолио от проекти в областта на транспортната инфраструктура показват, че многокритериалният анализ намира широко приложение за целта. Публикациите са свързани с първоначалния подбор на проекти – идентифицирането, оценяването и включването им в стратегиите

на държавата или железопътните компании. В нито една от публикациите няма класиране на проектите по признака кой кога да се изпълнява. Има обявен период (в години), в рамките на който да се работи по конкретни проекти, но няма обявен график кой кога да започне.

В [11] препоръчват разработване на модел за приоритизиране на проектите, заложи в стратегическия план, за да има ясно дефинирани критерии за добавяне, промяна и прекратяване на проекти с цел да се постигнат стратегическите цели. Класирането на проекти може да се осъществи на база финансови ползи, разходи, риск, екологични, социални и др. критерии. В стандарта наблягат върху разработване на пътна карта, която представлява хронологичен план за изпълнение на проектите от портфолиото. Предварително се дефинират необходимите входни данни, инструменти и техники за анализ. Оценяване и класиране на проекти може да се извърши с различни техники и математически модели.

За анализ и оценка на проекти най-използваният математически подход е многокритериалният анализ [7]. Той дава възможност да се избере една от няколко възможности, както и да се подредят възможностите по степен на важност. Възможността от постоянна актуализация на информацията при наличие на нови данни прави метода много гъвкав при вземане на решения.

Многокритериалният анализ работи, следвайки пет основни стъпки [2]:

- Определяне на система от измерими критерии, които са свързани с изследвания проблем.
- Определяне на скалата за оценяване.
- Определяне на теглото на всеки критерий.
- Оценяване на алтернативите чрез матрица на решението.
- Анализ на обобщените резултати и предложение за най-подходяща алтернатива.

Използване на многокритериалния метод започва през 1951 г. и продължава и до днес. През годините се развиват различни варианти на метода – аналитичен йерархичен процес AHP, ANP, Goal programming, TOPSIS, FUZZY, PROMETHEE, VIKTOR, ELECTRE, GRA, DEMATEL, DEA [8]. Всеки от изброените варианти на многокритериалния метод има разработен математически апарат.

В настоящата публикация се цели да се представи многокритериален подход за подбор и приоритизация на железопътните инфраструктурни проекти.

ИЗПОЛЗВАНЕ НА ЙЕРАРХИЧНИЯ ПОДХОД (АНР) ЗА ОЦЕНЯВАНЕ НА ИНФРАСТРУКТУРНИТЕ ПРОЕКТИ

Аналитичният йерархичен подход (Analytic Hierarchy Process – АНР) е метод, основан на психологията и математиката [6], използващ качествени и количествени критерии и тегла на критериите за идентифициране на най-подходящата алтернатива. АНР методът се използва в различни сфери на икономиката, здравеопазването и образованието, приложим е при избор на технологии, стратегическо планиране, оценка на алтернативи и др. АНР методът е разработен през 1977 г. от проф. Томас Сайти. АНР методът намира широко приложение поради това, че е математически инструмент с лесен начин на използване за сравнение на алтернативи и за бързо въвеждане на данни. От една страна, методът е субективен поради оценяване от много хора, но от друга страна, именно груповото вземане на решение с дългосрочни последици, пречупено през призмата на възприятията и преценките на експерти, прави метода приложим в много сфери. В последните години много учени работят върху използване на АНР метод с размити оценки [1, 3]. Тази разновидност на метода се различава по вида на оценките, които се използват. Класическият метод използва количествени оценки.

Първата стъпка при прилагане на АНР метода е идентифициране на подходящи критерии. Това е изключително отговорен етап, тъй като няма универсални критерии и тегла и трябва да се определи пълен набор от критерии, отговарящ на спецификата за конкретния случай. Препоръча се [9] критериите да са независими един от друг, ако се наблюдава зависимост между два или повече критерия, се обединяват в една група. Алтернативите трябва да могат да бъдат оценени за всеки критерий, без да се влияят от оценките на другите критерии. Няма ограничение на броя критериите, но те не трябва да са прекалено много, тъй като се разводнява решението и получената грешка може да изкриви резултатите. В литературата се препоръчва критериите да са по-малко от десет.

За приоритизиране на проектите в [12] се разглеждат следните групи критерии:

- *Икономически* – включват разходи и печалба. Като подкритерии могат да се разгледат: възвръщаемост на инвестициите; печалба; нетна настояща стойност; анализ на ползи/разходи и др.
- *Стратегически* – това са характерни критерии за конкретната организация. Пример за такива критерии са: повишаване на конкурентните предимства на един вид транспорт спрямо друг; повишаване на екологичността; повишаване на конкурентните предимства на един район спрямо друг и др.
- *Технически* – техническите параметри на трасето и знания за реализацията на проекта.
- *Рискове* – възможности и заплахи при реализирането на инфраструктурен проект.
- *Спешност* – изхожда се от презумпцията, че спешните проекти трябва да се изпълнят с предимство.
- *Екологични* – оценяващи влиянието на инфраструктурните проекти върху околната среда – шум, прахови частици, защитени видове и др.

Втората стъпка за прилагане на метода включва определяне на скала за оценка на критериите.

В таблица 1 е представена примерна скала за оценка на критериите от 1 до 9 и междинни стойности 2, 4, 6 и 8. Използване на четни числа в оценяването на критериите се допуска само ако не може да се постигне консенсус и да се даде точна оценка с нечетно число. Двойка критерии сравняваме, като първо се определя кой е по-важният критерий и след това се оценява по скалата от 1 до 9 колко е по-важен от другия.

Таблица 1. Скала за оценяване на критериите.

Оценка	Реципрочна стойност	Дефиниция
1	1	Равностойна важност
2	1/2	Равностойност до слаба важност
3	1/3	Слаба важност
4	1/4	Слаба до по-силна важност
5	1/5	По-силно важен
6	1/6	По-силно до много важен
7	1/7	Много важен
8	1/8	От много важен до доминиращ
9	1/9	Доминиращ

Методът АНР се състои в сравнение по двойки на всеки критерий с всички останали. Лицето, вземащо решение, трябва да направи $\frac{k(k-1)}{2}$ брой изследвания, като може да използва реални данни или собствена оценка за важността на критериите. Получените резултати от сравненията по двойки се нанасят в следната матрица на сравненията М.

$$M = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1n} \\ C_{21} & C_{22} & \dots & C_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{n1} & C_{n2} & \dots & C_{nn} \end{bmatrix}$$

Сума на колоната

$S_1, S_2 \dots S_n$

На следващия етап се осъществява нормализиране на матрицата М, като за целта се сумира всяка колона. За да се получи нормализирана матрица, се разделя всеки запис в колоната на сумата на колоната $\frac{C_{11}}{S_1}, \frac{C_{12}}{S_2}$ и т.н. Сумата на всяка колона в така получената нормализирана матрица трябва да е 1. Намирането на средно аритметично за всеки ред от нормализираната матрица дава теглата на критериите (приоритетен вектор) и създава класация на критериите в зависимост от оценките на експертите.

Следва проверка за последователност на матрицата $CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)}$. Казваме, че матрицата е последователна при $CI = 0$ [8].

Изчисляването на коефициента на консистенция е на базата на $CR = \frac{CI}{RI}$, където RI е средният индекс на случайна консистенция [13]. Според Saaty изчисляването на RI е като случайно генериране на числа от извадка с размер 500 числа. Резултатите са дадени в таблица 2.

Таблица 2. Среден индекс на случайна консистенция съобразно броя на критериите.

<i>N</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>RI</i>	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.42	1.45	1.49

Ако $CR < 0,10$, може да се премине към класиране на алтернативите.

Ако $CR > 0,10$, се налага преразглеждане на сравненията.

ЧИСЛЕН ПРИМЕР ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ЕТАПНОСТ И ПРИОРЕТИЗАЦИЯ НА ПРОЕКТИТЕ ПРИ РЕАЛИЗИРАНЕ НА ТРАНСПОРТНАТА ПОЛИТИКА

В настоящата публикация са разгледани 17 железопътни инфраструктурни проекти, залежали в [4] сценария „В“. Целта на изследването е да представи план как последователно да се реализират предварително планираните проекти до 2030 г., за да се подобрят по-скоро условията за пътуване и бизнес. В изследването се прави класиране на проекти, които са част от политиката на страната за развитие на железопътната инфраструктура.

В подбора на критерии не са включени екологични, тъй като железопътният транспорт е най-екологичният и политиката на Европейския съюз е насочена към приоритетно развитие на този сектор. От друга страна, за да бъдат включени в [4], е направена екологична оценка на проектите.

Подбрани са 9 критерия, които са измерими и данните за тях могат да се използват от експертите за по-точна оценка. АНР моделът позволява използване и на неизмерими критерии, като за оценяването се разчита изцяло на преценката на експертите. Избраните критерии, могат да бъдат променяни, за да отговарят по-точно на стратегическите цели.

- **C1** – натовареност на трасето (влак на 24 h) – включва броя пътнически, бързи, международни и товарни влакове, преминаващи за 24 часа.
- **C2** – етап на жизнения цикъл на проекта – В [10] авторът получава критерия „Етап на готовност на техническата документация“ като водещ при първоначален подбор на портфолио от проекти, тъй като това е сериозна пречка и може да забави и отложи старта на проекта. В [4] за всеки проект има информация в какъв етап е към момента на написването ѝ през 2017 година, разгледани като фаза „Проектиране и строителство“: „Строителство“ „Реализация“, „Подготовка“, „Изпълнен“.
- **C3** – принадлежност към TEN-T мрежата – информацията е от стратегията. Проектите са разгледани в категории: TEN-T1, TEN-T2, TEN-T3, национално значение. Политиката на Европейския съюз е насочена в посока да се развие основната TEN-T мрежа до 2030 г. и разширената до 2050 г.
- **C4** – разстояние на участъка в km – разстоянието е взето от сайта на БДЖ.
- **C5** – минимално време за пътуване (час) – за пътническите влакове минималното време за пътуване е взето от сайта на БДЖ меню-разписанието [5]. За товарните влакове времето за пътуване е изчислено по формулата $t = S/V$, където $V=60$ km/h, а S е разстоянието.
- **C6** – наличие на тактов график.- Влаковете да тръгват на редовен интервал от време.
- **C7** – превозени пътници за ден в %. Данните са предоставени от БДЖ „Пътнически превози“ по разглежданите направления.
- **C8** – превозени товари в % – Данните са от НКЖИ.
- **C9** – достъпност на трасето – включва достъпа на населението до гарите и спирките по трасето на проекта и населението, живеещо в радиус 30 км от гарата. Данните са от сайта на Националния статистически институт.

Обобщените входни резултати от експертните карти са дадени в таблица 3.

Таблица 3. Обобщени данни от оценка на критериите.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1	7	1/7	1/5	1/5	3	7	3	3
C2	1/7	1	1	1/3	1/3	1	1/3	1/3	1/3
C3	7	1	1	1/5	5	1/3	7	5	7
C4	5	3	5	1	7	1/3	5	5	3
C5	5	3	1/5	1/7	1	1	5	1	5
C6	1/3	1	3	3	1	1	3	5	5
C7	1/7	3	1/7	1/5	1/5	1/3	1	5	1/5
C8	1/3	3	1/5	1/5	1	1/5	1/5	1	1/5
C9	1/3	3	1/7	1/3	1/5	1/5	5	5	1

В таблица 4 е представена нормализираната матрица за всички критерии и получените стойности на приоритетния вектор. Нормализирането се извършва, като всяка стойност от колоната се разделя на общата сума. Приоритетният вектор се изчислява като средна стойност на ред и дава информация за значението на отделните критерии. Сумата от всички стойности на приоритетния вектор е равна на 1. В таблица 4 са показани нормализираните суми и получените стойности на приоритетния вектор.

Таблица 4. Нормализирана матрица.

НОРМАЛИЗИРАНИ СУМИ НА КОЛОНИ									ПРИОРИТЕТЕН ВЕКТОР
0.051852	0.280000	0.013193	0.035654	0.012552	0.405405	0.208748	0.098901	0.121294	0.136400
0.007407	0.040000	0.092348	0.059423	0.020921	0.135135	0.009940	0.010989	0.013477	0.043293
0.362963	0.040000	0.092348	0.035654	0.313808	0.045045	0.208748	0.164835	0.283019	0.171824
0.259259	0.120000	0.461741	0.178268	0.439331	0.045045	0.149105	0.164835	0.121294	0.215431
0.259259	0.120000	0.01847	0.025467	0.062762	0.135135	0.149105	0.032967	0.202156	0.111702
0.017284	0.040000	0.277045	0.534805	0.062762	0.135135	0.089463	0.164835	0.202156	0.169276
0.007407	0.120000	0.013193	0.035654	0.012552	0.045045	0.029821	0.164835	0.008086	0.048510
0.017284	0.120000	0.01847	0.035654	0.062762	0.027027	0.005964	0.032967	0.008086	0.036468
0.017284	0.120000	0.013193	0.059423	0.012552	0.027027	0.149105	0.164835	0.040431	0.067094
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



Фигура 1. Приоритетен вектор (относителни тегла).

На фигура 1 е представена диаграма на относителните тегла на всеки от изследваните критерии. Стойността им показва каква е ролята на всеки от критериите за постигане на целта. Най-важният критерий за класиране на проекти е „Разстояние“, следван от „Принадлежността към TEN-T мрежата“. Оценителите дават превес на

разстоянието 4,98 пред етапа от жизнения цикъл на проекта. На последно място изненадващо се класира критерият „Превоз на товари“. По принцип товарните превози са водещи при вземане на решения за развитието на жп транспорта, тъй като носят сериозни приходи.

След като се изчисли нормалният вектор, се преминава към оценяване на проектите по двойки, отделно за всеки критерий. Разгледани са 15 проекта (П1, П2, ..., П15), взети от [4]. За всеки критерий се построява сравнителна матрица като в таблица 5. (общо 9 таблици).

Таблица 5. Сравнителна матрица за критерий „Превозени пътници за ден в %“.

ПРЕВОЗЕНИ ПЪТНИЦИ ЗА ДЕН	п 1	п 2	п 3	п 4	п 5	п 6	п 7	п 8	п 9	п 10	п 11	п 12	п 13	п 14	п 15
п1	1	7	7	5	5	6	1/4	1/3	7	5	1/4	1/6	1/4	1/2	1/2
п2	1/7	1	1/7	1/5	1/5	1/7	1/5	1/7	1/5	1/5	1/7	1/7	1/7	1/3	1/5
п3	1/7	7	1	1/5	1/5	1/6	1/7	1/7	2	1/5	1/7	1/7	1/7	1/5	1/3
п4	1/5	5	5	1	1	3	1/5	1/7	5	1/2	1/4	1/5	1/3	1/2	1/4
п5	1/5	5	5	1	1	3	1/5	1/5	5	1/2	5	1/3	1/3	6	1/4
п6	1/6	7	6	1/3	1/3	1	1/5	1/5	3	1/3	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3
п7	4	5	7	5	5	5	1	1/3	7	5	2	3	3	5	3
п8	5	7	5	7	5	5	3	1	5	5	3	3	3	5	3
п9	1/7	5	1/2	1/5	1/5	1/3	1/7	1/5	1	1/7	1/8	1/6	1/6	1/7	1/6
п10	1/5	5	5	2	2	3	1/5	1/5	7	1	1/4	1/3	1/3	1	1/3
п11	4	7	7	4	1/5	5	1/2	1/3	8	4	1	3	3	4	3
п12	6	7	7	5	3	5	1/3	1/3	6	3	1/3	1	1	3	1
п13	4	7	7	3	3	5	1/3	1/3	6	3	1/3	1	1	3	1
п14	2	3	5	2	1/6	3	1/5	1/5	7	1	1/4	1/3	1/3	1	1/3
п15	2	5	3	4	4	3	1/3	1/3	6	3	1/3	1	1	3	1

На следващия етап от изследването се прави сравнение по двойки на проектите за всеки от деветте критерия. Резултатите, получени за приоритетни вектори, се използват за създаване на нова матрица С.

$$C = \begin{vmatrix} V_{11} & V_{12} & \dots & V_{1n} \\ V_{21} & V_{22} & \dots & V_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{m1} & V_{m2} & \dots & V_{mn} \end{vmatrix},$$

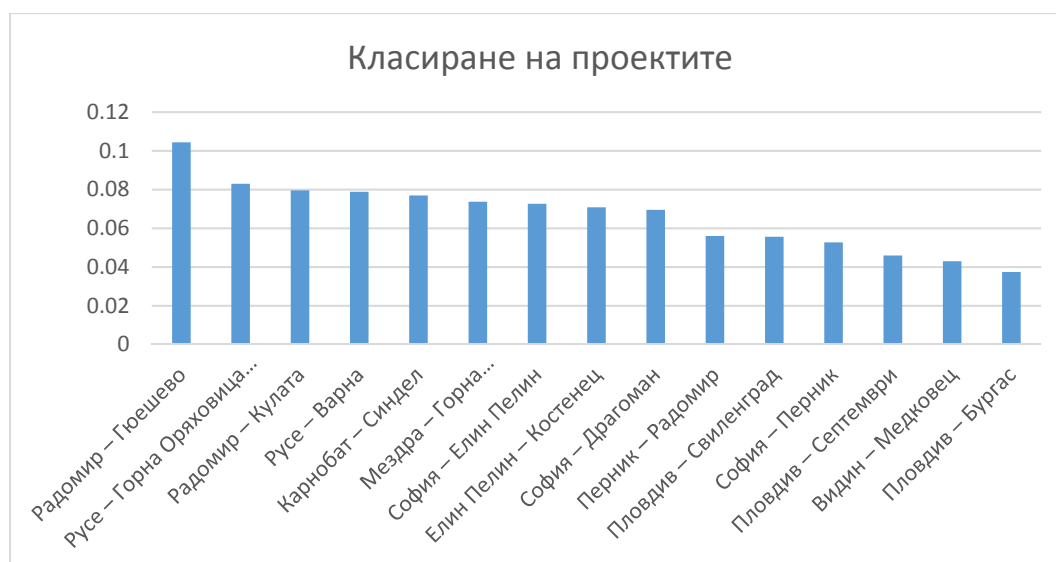
където m е броят проекти,

n – броят критерии,

$V_{m,n}$ – тегла на алтернативите.

След попълване и пресмятане се получават теглата, по които се класират проектите. Резултатите след математическата обработка са представени с фигура 2.

Диаграмата на фигура 2 показва класирането на проектите по отношение на критериите. Най-високо тегло има проекта „Радомир – Гюешево“, следван от „Русе – Горна Оряховица – Димитровград“, „Радомир – Кулата“ и др.

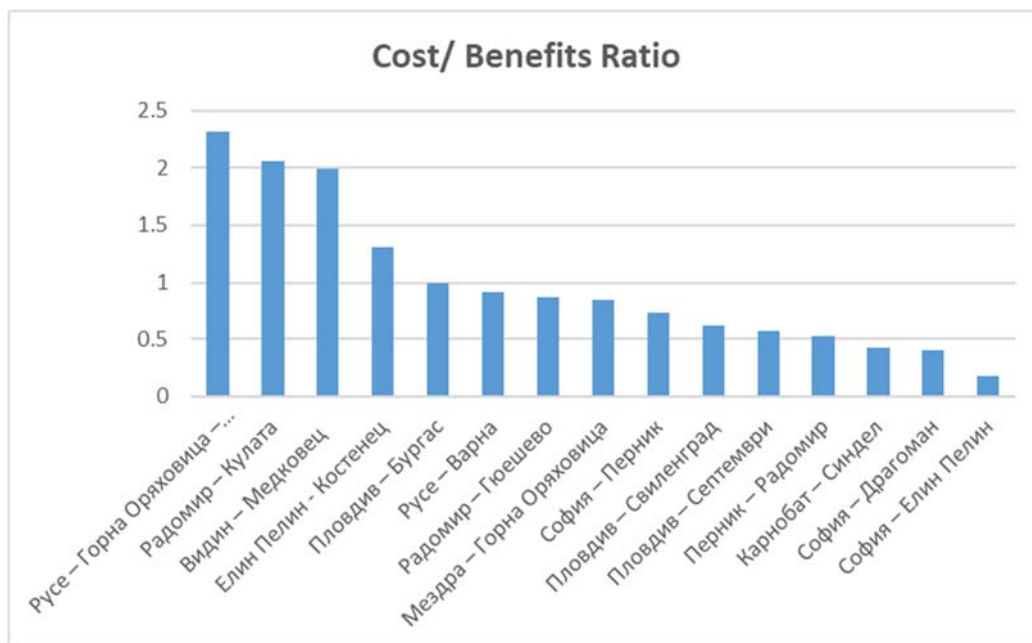


Фигура 2. Класиране на проектите.

На следващия етап се прилага методът „ползи-разходи“ (*Cost/Benefits*). Данните за цената на проектите се използват от [4], като източника на финансиране няма значение при класирането на проектите. Във втората колона стойностите се получават, като за всяка цена се разделя сумата от колоната с всички цени. В колона *Benefits* се поставят теглата за класиране на проектите, получени в предишния етап [14]. В последната колона се нанасят стойностите, получени при деление на *нормализираната цена/Benefits*. Получените стойности дават информация дали проектът е рентабилен и дали да се осъществи. Ползите при жп инфраструктурните проекти могат да се изразят в следното: бърза и доходна възвръщаемост на инвестициите, увеличаване на пазарния дял на жп транспорта, конкурентно предимство пред останалите видове транспорт, ръст в броя на пътуващите и др.

Таблица 6. Основни резултати, получени за разглежданите железопътни проекти

	Цена	Нормализирана цена	Benefits	Cost/ Benefits Ratio
София – Драгоман	284780262	0.02759238	0.06952526	0.39686848
София – Перник	400000000	0.03875603	0.05271763	0.73516263
Видин – Медковец	882730910	0.08552787	0.04298315	1.98980027
София – Елин Пелин	132966320	0.01288312	0.0726297	0.17738086
Елин Пелин - Костенец	959236416	0.0929405	0.07078417	1.31301253
Перник – Радомир	303271257	0.02938398	0.05601151	0.52460607
Радомир – Кулата	1691154792	0.16385613	0.07959653	2.05858396
Радомир – Гюешево	933320005	0.09042946	0.10438724	0.86628838
Пловдив – Септември	269050032	0.02606828	0.04592793	0.56759099
Пловдив – Бургас	385624679	0.03736321	0.03741563	0.99859906
Пловдив – Свиленград	358643170	0.03474897	0.05556345	0.6253925
Русе – Варна	749082890	0.07257871	0.07880992	0.92093362
Русе – Горна Оряховица – Димитровград	1985049330	0.1923316	0.08299567	2.31736911
Мездра – Горна Оряховица	647663250	0.06275215	0.07374287	0.85095891
Карнобат – Синдел	338400000	0.03278761	0.07690934	0.42631498
Сума	10320973313	1		



Фигура 3. Класиране на проекти след Cost/Benefits Ratio.

На фигура 3 са демонстрирани резултатите от Cost/Benefits Ratio. Проектите които трябва първо да се реализират са „Русе – Горна Оряховица – Димитровград“, „Радомир – Кулата“, „Видин – Медковец“ и след това останалите. Съобразно препоръките в [15, 16] може да се направи анализ на чувствителността по отношение на критични параметри, които вероятно ще се променят.

Ако по някаква причина класацията по последователност на изпълнение не се изпълнява, чрез АНР модела може да се направи нова класация. Всеки проект има начало и край, заложен като период на реализиране в стратегията. Наблюденията показват, че често проектите излизат извън предвидения срок на изпълнение, тъй като трябва да се осъществят мащабни процедури и дейности по създаване на документация на проекта и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящия доклад се представя един подход за многокритериална оценка и подбор на железопътни инфраструктурни проекти. Подходът се основава на аналитичния йерархичен подход (АНР), като самият подход е целенасочен и е свързан с процеса на стратегическо планиране на транспортната инфраструктура, с цел съставяне на план за последователна реализация на проектите, както и създава предпоставки за по-гъвкаво реализиране на транспортната стратегия.

В тази връзка е формулиран последователен подход, решен е числен пример за текущите железопътни инфраструктурни проекти, залежали в приетата транспортна стратегия на страната ни. На базата на оценката за ползите и разходите, които са оценени за разглежданите проекти, е направена тяхната класация и приоретизация по метода разходи/ползи.

Така предложеният подход може да бъде използван за динамична актуализация, подбор и класиране, което създава предпоставки за постоянна оценка и стратегия за етапност при управлението на железопътните инфраструктурни проекти.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Беров Т., Стойков Д., Прилагане АНР с размити числа за решаване на логистични проблеми, Механика транспорт комуникации, ID 966 : 2014/3
- [2] Брусарски Р., Оценка на въздействието, Издателски комплекс – УНСС, София, 2017г.
- [3] Иванов М., Димитров Д., Многокритериален подход за решаване на задачи от транспортен тип, основаващи се на размити оценки, Научно списание „Механика, транспорт, комуникации“, 2015 г. ISSN 2367-6620
- [4] Интегрирана транспортна стратегия в периода до 2030 година - <https://www.mtitc.government.bg/bg/category/42/integrirana-transportna-strategiya-v-perioda-do-2030-g>
- [5] Официален сайт на БДЖ – <https://razpisanie.bdz.bg/bg>
- [6] Тодорова М., Прилагане на „АНР“ модел при избор на превозвач като доставчик на транспортна услуга, XII Международна научна конференция „Мениджмънт и инженеринг“, Созопол 2014 г.
- [7] Analytic Hierarchy Process, <https://www.slideshare.net/ujjmishra1/analytic-hierarchy-process>
- [8] Deluka-Tibljaš A., Karleuša B., Dragičević N., Review of multicriteria-analysis methods application in decision making about transport infrastructure, DOI: <https://doi.org/10.14256/JCE.850.2013>
- [9] How to do AHP analysis in Excel, Khwanruthai BUNRUAMKAEW (D3) Division of Spatial Information Science Graduate School of Life and Environmental Sciences University of Tsukuba (March 1st, 2012)
- [10] Prokic M., Classifying Countries for Railway Performance Benchmarking: A Hierarchical Clustering Approach, International scientific-expert conference on railways “XVIII RAILCON’20”, 2020
- [11] Vargas, R. V. (2010). Using the analytic hierarchy process (AHP) to select and prioritize projects in a portfolio. Paper presented at PMI® Global Congress 2010—North America, Washington, DC. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- [12] Project Management Institute, The Standard for Portfolio Management – Third Edition, 2013, ISBN: 978-1-935589-69-3
- [13] Saaty R.W., The Analytic Hierarchy Process – What it is and now it is used, Mat/d Modelling, Vol. 9, No. 3-5, pp. 161-176, 1987
- [14] <https://www.slideshare.net/ujjmishra1/analytic-hierarchy-process>
- [15] Saaty Thomas, Transport planning multiple criteria: The analytic hierarchy process applications and progress review, 1995, <https://doi.org/10.1002/atr.5670290109>
- [16] Barić, D., Pilko, H., & Strujić, J. (2016). An analytic hierarchy process model to evaluate road section design. Transport, 31(3), 312–321. <https://doi.org/10.3846/16484142.2016.1157830>

APPROACH FOR MULTICRITERIAL EVALUATION AND SELECTION OF RAILWAY INFRASTRUCTURE PROJECTS

Dimitar Dimitrov, Irena Petrova

ddimitrov@vtu.bg, ipetrova@vtu.bg

***Todor Kableshkov University of Transport
Sofia, 158 Geo Milev Str.
THE REPUBLIC OF BULGARIA***

Key words: multicriteria evaluation, selection, priority, railway, infrastructure projects, AHP method, benefits / costs.

Abstract: The increase in traffic is a global problem and this requires every country to look for a way to develop its infrastructure. The transport infrastructure in several places is outdated, has exhausted its capacity, with many narrow sections identified, unable to meet the new demand. In the process of selection of infrastructure projects, the multicriteria evaluation for their identification and prioritization is widely used. This report presents an approach for multi-criteria evaluation and selection of railway infrastructure projects.