

УПОРЕДНИ ПРИКАЗ ИЗБОРА ВОЗИЛА ЗА ПОТРЕБЕ ТРАНСПОРТА ВОЈСКЕ СРБИЈЕ ПРИМЕНОМ МЕТОДЕ ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКОГ ОДЛУЧИВАЊА

Ненад Р. Павловић и Велибор В. Јовановић
Генералштаб Војске Србије, Централна логистичка база

Поседовање адекватних возила за транспорт људи и терета је предуслов за успешно реализовање задатака транспорта у Војсци, јер се обједињавањем транспортних потреба смањују трошкови. Циљ и сврха рада јесте приказивање конкретног примера за избор возила и предлагање занављања возног парка категоријом возила – фургона са двоструком кабином (путар). У раду су примењене и коришћене техничке и научне методе истраживања, као и практичне примене израђених програма у Microsoft EXCEL-у од стране аутора овог рада, заснованих на свим математичким правилима која дефинишу TOPSIS, односно PROMETHEE методу вишекритеријумског одлучивања коришћених за избор возила. Сходно њиховој примени, добијени су резултати у вези избора возила – јединствено прворангирано решење применом обе методе вишекритеријумског одлучивања, а посебан осврт је дат у случајевима промене вредности атрибута, чиме је потврђена и промена ранга алтернативе – саме одлуке, а и потврђени очекивани резултати да решење зависи пре свега од самог доносиоца одлуке. У раду постоје ограничења у вези скупа алтернатива (свега 4 произвођача возила на тржишту Републике Србије пласирају тражени модел), а скуп критеријума је ограничен на 5, али не и стриктно, јер код доносиоца одлуке увек постоји могућност проширивања истих. Импликација је посвећена самом опису проблема – зашто и због чега треба зановити врсту возила фургона са двоструком кабином (путар) и одређивање најбољег избора применом метода TOPSIS и PROMETHEE.

Кључне речи: возило, транспорт, Војска Србије, оптимизација, вишекритеријумско одлучивање, TOPSIS, PROMETHEE

Увод

У свакодневном животу човек је стално у ситуацији да доноси одлуке. Те одлуке су мање или веће, битне или небитне, приватне или службене. Понекад доношење одлуке прати читав низ питања и потпитања које доносилац одлуке по-

ставља себи, а у циљу да не изабере и донесе погрешну одлуку, односно да изабере за њега најбоље решење од више понуђених, а сходно условима – критеријумима које прате сваку алтернативу.

Такође, официр да би био успешан старешина Војске мора владати ситуацијом, знањима и вештинама из домена свог радног места и своје професије. Одлуке које доноси треба да су поткрепљене и научним сазнањима и законима, правилима и прописима који регулишу одређену област. Процес доношења одлука код старешина је веома битан, комплексан у зависности од задатка и регулисан одређеним процедурама. Разрађеност поступака у доношењу одлука, спровођење прописаних процедура, коришћење математичких модела оптимизације доводе до правилности избора из скупа понуђених алтернатива уз сагледане све критеријуме – услове који карактеришу сваку алтернативу понаособ. За већину одлука у конкретним ситуацијама може постојати варијанта процеса доношења одлука при разлагању једне одлуке на њене делове и да је одлуке потребно доносити на основу аргументованих чињеница. С друге стране, математички модели и оптимизационе методе имају значајну, а у неким случајевима и незамењиву улогу у најбитнијим фазама процеса избора доношења одлуке. Обично, пословни проблем се не може описати једном критеријумском функцијом, већ је све више оних који захтевају употребу већег броја критеријума. Методе операционих истраживања посебно долазе до изражаја при разматрању више циљева, јер вишекритеријумски приступ представља једини начин да се што реалније опише конкретни проблем.

У раду је приказан избор возила за потребе транспорта Војске Србије применом метода вишекритеријумског одлучивања, извршено описивање поставке проблема и конкретна примена метода TOPSIS и PROMETHEE у избору возила.

Опис тренутног проблема и потребе за занављањем возила типа фургон-путар¹

Постојећа флота возила – возни парк јединица Војске Србије, које у свом саставу имају возила типа фургон – путар, не испуњава захтеве и услове за свакодневним и безбедним извршењем задатака превозења лица и терета, а узроци и разлози томе су истекли експлоатациони и временски ресурси, недостатак резервних делова за поправку истих, непоузданост возила, просечна старост од 28 година и слично.

Сходно наведеном, проистиче потреба за занављањем оваквог типа возила. Данас на тржишту нових возила, веома је практична варијанта фургон-путара која се карактерише по следећем:

- возило је са две осовине,
- управља се Б категоријом, односно Ц категоријом у зависности од укупне носивости возила,
- укупан број лица за седење је 6 (возач + 5 путника),
- каросерија је затворена.

¹ детаљан опис проблема и потреба за занављањем и коришћењем наведеног типа возила приказан је у завршном специјалистичком академском раду мј Ненада Павловића под насловом »Избор возила за потребе транспорта Војске Србије применом метода вишекритеријумског одлучивања» одбрањеног на Факултету организационих наука у Београду

На тржишту постоје варијанте возила фугон-путар и са товарним сандуком (простором) који је покривен цирадом. Разлози због чега ће бити узета возила овог типа са затвореном кабином су:

- сигурност терета који се превози;
- безбедност терета у општем смислу када је возило паркирано у војном комплексу или на јавном паркингу;
- не постоји потреба одржавања цирада, а самим тим се смањују каснији трошкови одржавања;
- неповољни услови рада у товарном сандуку под цирадом;
- заштита својства терета.

Комерцијална возила типа фугон-путар имају изузетно велики значај у транспорту лица и терета, а огледа се у *потребама* као што су:

– превоз стручно-специјалистичких екипа на задацима широм територије Републике Србије (екипе за одржавање погонске опреме и инсталације; радарске опреме и радарских система; убојних средстава; противоклопних уређаја и система; екипе за одржавање и поправку возила нарочито у ситуацијама када врше интервенцију на возилима која су остала у квару на јавном путу) – овакви задаци захтевају да поред лица ангажованих у екипама, потребно је превести и одређене инструменте, алат и прибор за рад, потрошни материјал, резервне делове, акумулаторе, радно одело, али и осталу личну опрему и гардеробу задејствованих припадника логистичких јединица Војске Србије на два или више дана ван матичне јединице, односно места становања.

– Превоз екипа за грађевинске радове (јединице Војске Србије које у свом саставу имају јединице грађевинске подршке) је лако изводљив возилима типа фугон-путар, јер поред потребног броја лица која се ангажује на задацима инфраструктурних радова, неопходно је превести и одређени грађевински алат, прибор, грађевински потрошни материјал, а ако се лица ангажују више дана ван матичне локације, потребно је да се у возилу нађу и додатна радна и заштитна одела, личне ствари и остале неопходне ствари за живот и рад на терену.

– Превоз екипа за инжињеријске радове, као и за уређење касарни и војних комплекса, где је потребно превести групу лица са потребним алатом и прибором, као и потрошним средствима за рад.

– Превоз лица и средстава за потребе установа Министарства одбране у свакодневној реализацији основних функционалних и наменских задатака, као што су:

- Војна штампарија – превоз (дистрибуција) штампаног материјала од локације штампарије до исходишта, а нарочито за потребе дистрибуције магазина «Одбрана», која се реализује два пута месечно, а и лица која раде на утовару/истовару;

- Медија Центар Одбрана – превоз (дистрибуција) материјала у издању ове установе, превоз уметничких дела и других средстава, где је укључен и мањи број лица на манипулацији теретом;

- Уметнички ансамбл Станислав Бинички – превоз дела оркестра (тзв. „мини оркестар“), где је неопходно превести мањи број лица и инструмената, а што је честа потреба на мањим манифестацијама у Гарнизону Београд.

- Централна аптека – дистрибуција лекова и других санитарских средстава нарочито у Гарнизону Београд, за потребе опслуживања војних апотека и војних

здравствених установа (Војномедицинска академија – ВМА, војномедицински центри-ВМЦ на различитим локацијама (Бањица, Церак, Славија, Карабурма, Лисичији Поток, Нови Београд...)

– Обједињени превоз лица и терета од исходишта до одредишта и назад – у склопу функције снабдевања разним врстама средстава, уз могућност утвора истих сходно димензијама и укупној маси и обједињеност са потребом превоза лица на извршењу службених задатака на истој релацији. Овакве потребе су изражене нарочито у складишним батаљонима Централне логистичке базе, као и у другим логистичким јединицама Војске Србије.

– Обједињени превоз лица и терета унутар сопствених јединица за потребе реализације свакодневних задатака (линијска и ван линијска превозења).

Значај набавке нових возила типа фургон-путар и њихове експлоатације и коришћења за потребе Војске Србије се огледа у следећем:

– врши се занављање возног парка – подмлађивање возила директно утиче на оперативне и функционалне способности јединице у чијем саставу се она и налазе;

– повећава се поузданост и безбедност извршења задатка;

– добија се на смањењу свеобухватних трошкова (гориво, амортизација, техничко одржавање возила, дневнице ангажованих лица) – обједињавањем задатака превозења лица и терета се заправо врши оптимизација транспортних потреба и уједно рационализација свеобухватних утрошака;

– Ствара се могућност за повећањем брзине кретања возила при извршењу задатка – у складу са одредбама Правилника о безбедности војних учесника у саобраћају на путевима.

– Приступачност и флексибилност кретања у градским срединама.

– Могућност брзе реакције и интервенције при транспорту људи и средстава јединица Војске Србије у задацима III мисије Војске Србије, тј у помоћи цивилном становништву приликом елементарних и других непогода.

Један од начина доношења одлуке о правилном занављању наведеног типа возила и одређивању конкретног таквог типа који нуди тржиште, а задовољава све критеријуме за оперативну употребу у јединицама Војске Србије и оптимизацију дела возног парка возила за превоз лица и терета је коришћењем метода вишекритеријумског одлучивања.

Појам оптимизације

Оптимизација се дефинише као наука која одређује најбоље решење одређеног математички дефинисаног проблема и представља сложен процес долажења до решења и одвија се у више фаза и на више нивоа одлучивања.

Математички модели и оптимизационе методе имају значајну, а у неким случајевима и незаменљиву улогу у најбитнијим фазама одлучивања.

Под математичким моделом реалног система подразумева се скуп математичких релација (формула, једначина, неједначина, логичких услова, оператора итд.) које описују функционисање система, односно одређују карактеристике стања система (а преко ових и излаза) у зависности од параметара система, улаза, почетних услова и времена.

Оптимизациони математички модел има три елемента у виду тројке MM, L, F , где је:

MM – математички модел у ужем смислу (релације између величина у систему),

L – скуп ограничења и

F – функција критеријума.

Задатак оптимизације система је да се изврши избор најбоље варијанте из могућих или повољних варијанти у смислу усвојеног критеријума. Таква најбоља варијанта се назива оптимално решење оптимизационог задатка.

Вишекритеријумска оптимизација је област где се формирају математички модели за одређени реални проблем водећи рачуна о више циљева истовремено. Основно је, треба наћи решење које је најбоље по свим разматраним критеријумима, који могу бити изражени различитим мерним јединицама, различитим новчаним, различитим вероватноћама појављивања или субјективних процена датих по некој мери или неких других разлога. Све ово указује да без доносиоца одлуке коначног решења нема.

Задатке вишекритеријумске оптимизације у случајевима када се разматрају важне одлуке, карактерише релативно велики број критеријума. Што је број критеријума већи, задаци анализе су сложенији и тежи. У одлучивању учествује већи број појединаца или група и сви они фаворизују своје системе вредности, односно критеријуме који најбоље одсликавају интересе групе којој припадају.

Основна улога доносиоца одлуке при решавању проблема вишекритеријумског одлучивања огледа се не само у доношењу коначне одлуке, примењеном методологијом, већ и у дефинисању вишекритеријумске базе – система критеријума за евалуацију алтернатива, избору преференцијских функција, одређивању релативног значаја критеријума и одговарајућих параметара, а што све представља осетљиве фазе у решавању проблема пословног одлучивања.

Опис поставке проблема као задатка вишекритеријумског одлучивања

У раду су за избор возила узета четири модела фургона са продуженом кабином, различитих произвођача који су на тржишту Републике Србије и то:

- PEUGEOT EXPERT,
- OPEL MOVANO,
- RENAULT TRAFIC и
- MERCEDES VITO MIXTO.

Заједничке карактеристике свих модела су:

- могућност превоза максимално 6 лица (возач и 5 путника);
- мануелни мењач са 6 степена преноса за ход напред;
- могућност расклапања и склапања седишта у другом реду (омогућује повећање корисне дужине на цели задњи део чиме се добија додатни товарни простор);

- постојање одељка - претинца испод седишта у другом реду, што омогућава превоз дужих предмета;
- прилагодљив товарни простор – кад се седиште у другом реду подигне или уклони, врло се једноставно могу превозити дугачки предмети;
- двоосовинска возила са укупно 4 точка, приближних димензија пнеуматика;
- затворена каросерија, где су први и други ред седишта са стаклима, а теретни простор затворене лимарије;
- приближне габаритне димензије у смислу дужине, ширине и висине возила;
- погон на предње точкове;
- у разматрање су узети најснажнији и најјачи мотори који се уграђују у посматране моделе;
- сви мотори узети у разматрање су четвороцилиндрични дизел мотори са најсавременијим системима за убризгавање горива;
- постојање бочних клизних врата за укрцавање-искрцавање путника и задњих дводелних врата за утовар-истовар терета.

PEUGEOT EXPERT² носи ознаку L2H2, чији је изглед приказан на слици



Слика 1 – Изглед PEUGEOT EXPERT

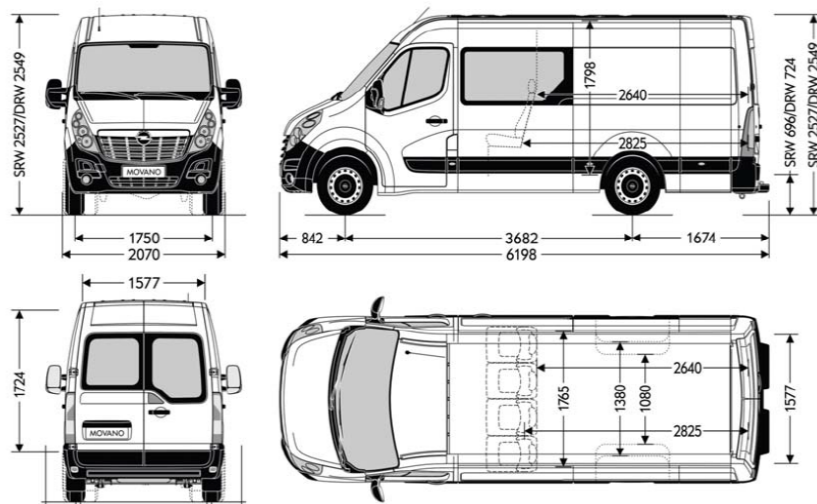
Овај модел има уграђен дизел мотор запремине 1990 cm³, снаге 120 KW, односно 163 KS, чија је просечна потрошња 7,1 литар на 100 km/h. Произвођач за овај модел даје гаранцију од 3 године или пређених 100.000 km. Корисна носивост у делу за превоз терета износи 1.200 kg. Цена описаног модела износи 22.250 €.

Изглед OPEL MOVANO³ је приказан на слици 2 и носи ознаку CREW VAN FWD L2H1.

² интернет извор <http://www.peugeot.rs/>

³ интернет извор <http://www.opel.rs/>

Opel Movano Crew Van RWD L3H2



Слика 2 – Изглед OPEL MOVANO

Овај модел има уграђен дизел мотор запремине 2290 cm^3 , снаге 110 KW, односно 150 KS, чија је просечна потрошња 8,2 литара на 100 km/h . Произвођач за овај модел даје гаранцију од 2 године без обзира на пређену километражу. Корисна носивост у делу за превоз терета износи 1.525 kg. Цена приказаног модела износи 29 398 €.

Изглед RENAULT TRAFIC⁴ је приказан на слици 3 и има ознаку L2H1.



Слика 3 – Изглед RENAULT TRAFIC

⁴ интернет извор <http://www.renault.rs/>

Овај модел има уграђен дизел мотор запремине 1.590 cm³, снаге 103 KW, односно 140 KS, чија је просечна потрошња 6,2 литара на 100 km/h. Произвођач за овај модел даје гаранцију од 2 године без обзира на пређену километражу. Корисна носивост у делу за превоз терета износи 1.200 kg. Цена приказаног модела са попустом за фирме и предузећа износи 22.736 €.

MERCEDES VITO MIXTO⁵ је приказан на слици 4.



Слика 4 – Изглед MERCEDES VITO MIXTO

Овај модел има уграђен дизел мотор запремине 2190 cm³, снаге 120 KW, односно 163 KS, чија је просечна потрошња 7,3 литара на 100 km/h. Произвођач за овај модел даје гаранцију од 2 године без обзира на пређену километражу. Корисна носивост у делу за превоз терета износи 1.270 kg. Цена приказаног модела са попустом за фирме и предузећа износи 24.893 €.

На основу изнетог формирана је и почетна табела података – алтернатива и критеријума, што је приказано у табели 1.

⁵ интернет извор <http://www.mercedes-benz.rs/>

Табела 1 – Почетна матрица полазних података

			КРИТЕРИЈУМИ				
			K1	K2	K3	K4	K5
			ЦЕНА ВОЗИЛА (€)	КОРИСНА НОСИВОСТ (kg)	КАРАКТЕРИСТИКЕ МОТОРА (ЗАПРЕМИНА / СНАГА) cm ³ / KW; KS	ПРОСЕЧНА ПОТРОШЊА ГОРИВА НА 100 km (l)	ГАРАНЦИЈА (БРОЈ ГОДИНА / БРОЈ ПРЕЂЕНИХ km)
АЛТЕРНАТИВЕ	A1	PEUGEOT EXPERT	22 250	1 200	1 990 / 120; 163	7,1	3 / 100 000
	A2	OPEL MOVANO	29 398	1 525	2 290 / 110; 150	8,2	2 / -
	A3	RENAULT TRAFIK	22 736	1 200	1 590 / 103; 140	6,2	5 / 100 000
	A4	MERCEDES MIXTO	24 893	1 270	2 190 / 120; 163	7,3	2 / -

Избор возила применом TOPSIS методе

Техника TOPSIS (оригинални назив **T**echnique for **O**rder **P**reference by **S**imilarity to an **I**deal **S**olution) користи се за одређивање редоследа коначног броја алтернатива које су оцењене на основу више критеријума и њен развој почива на идеји растојања.⁶

За прорачун избора возила применом TOPSIS методе, од стране аутора овог рада израђен је посебан програм у Microsoft EXCEL-у, коришћењем свих математичких правила која описују наведену методу.

Након формирања почетне таблице-матрице полазних података, извршена је додела коефицијената, одређивање вредности које минимизирамо и максимизирамо, као и додељивање тежинских вредности, што је приказано у табели 2.

Табела 2 – Додела вредности, одређивање max и min и тежина

	K1	K2	K3	K4	K5
A1	22	12	12	7	3
A2	29	16	11	9	2
A3	23	12	10	6	5
A4	25	13	12	8	2
min/max	min	max	max	min	max
ТЕЖИНЕ	0.35	0.25	0.12	0.1	0.18

⁶ Мирко Вујошевић, Методе оптимизације у инжењерском менаџменту, ФОН, Београд, 2012. год.

Додела коефицијента је извршена по следећем:

- за K1 – сходно цени возила (нпр. цена од 22.250 је добила индекс 22 и тако редом);
- за K2 – сходно носивости возила (нпр. носивост од 1.525 је добила индекс 16 и тако редом);
- за K3 – сходно карактеристикама мотора, где је узета у обзир снага као битнија одлика мотора (нпр. снага мотора од 120 је добила индекс 12 и тако редом);
- за K4 – сходно просечној потрошњи горива (нпр. потрошња горива од 7,3 је добила индекс 8 и тако редом) и
- за K5 – сходно гаранцији (нпр. гаранција од 3 године је добила индекс 3 и тако редом).

Додела тежина за сваки критеријум посебно одређена је на основу радног искуства аутора овог завршног рада и у складу са разменом мишљења са старешинама логистичких служби у Војсци Србије и износе:

– за K1 – 0,35 (вредност у граници од 0,3 до 0,4) – представљен као најважнији критеријум, због поштовања Закона о јавним набавкама;

за K2 – 0,25 (вредност у граници од 0,2 до 0,3) – представљен као други важан критеријум, јер је битна корисна носивост возила;

– за K3 – 0,12 (вредност у граници од 0,1 до 0,15) – с обзиром на то су сви посматрани модели са моторима приближних карактеристика;

– за K4 – 0,1 (вредност у граници од 0,1 до 0,15) – с обзиром на чињеницу да је потрошња код свих модела мања од 10 литара на пређених 100 km, овај критеријум се посматра као најмање важан, јер је потрошња горива постојећих типова возила – фургона/путара око 21 литар на 100 km, чиме се аутоматски стварају уштеде у потрошњи горива.

– за K5 – 0,18 (вредност у граници од 0,15 до 0,20) – битан критеријум са аспекта исправности, а тиме и безбедности возила, у смислу дужине трајања гарантног рока возила и одржавању код овлашћеног сервисера.

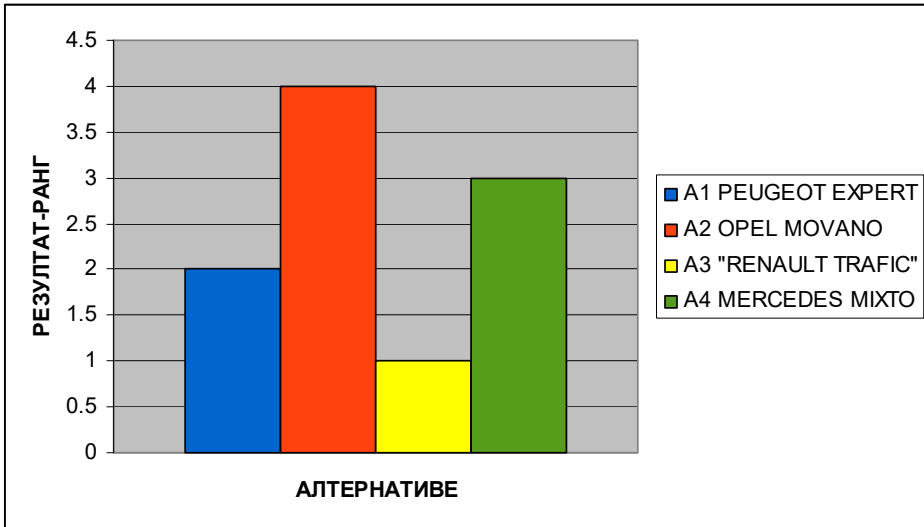
Потом се врши прорачун сходно горе приказаним вредностима и правилима који дефинишу наведену методу и врши рангирање алтернатива,⁷ а што је приказано у табели 3.

Табела 3 – Коначни ранг алтернатива

резултат - ранг	
2	A1 PEUGEOT EXPERT
4	A2 OPEL MOVANO
1	A3 RENAULT TRAFIC
3	A4 MERCEDES MIXTO

⁷ Детаљан прорачун је приказан у завршном специјалистичком академском раду мј Ненада Павловића под насловом „Избор возила за потребе транспорта Војске Србије применом метода вишекритеријумског одлучивања“ одбрањеног на Факултету организационих наука у Београду.

Графички, ранг алтернатива је приказан на слици 5.



Слика 5 – Графички приказ коначног ранга алтернатива добијеног методом TOPSIS

На основу приказаног закључујемо да сходно постављеним критеријумима, ранг је следећи:

- 1 – RENAULT TRAFIC
- 2 – PEUGEOT EXPERT
- 3 – MERCEDES VITO MIXTO
- 4 – OPEL MOVANO

Избор возила применом PROMETHEE методе

Метода PROMETHEE (метода је добила назив сходно скраћеницама од свог оригиналног назива **P**referance **R**anging **O**rganization **M**ethods of **E**nrichment **E**valuation) је развијена за вишекритеријумску анализу скупа елемената и примењива је за анализу скупа елемената и за рангирање алтернатива.⁸

За прорачун избора возила применом PROMETHEE методе, од стране аутора овог рада израђен је посебан програм у Microsoft EXCEL-у, коришћењем свих математичких правила која описују наведену методу.

Након формирања почетне таблице-матрице полазних података, што је приказано у табели 1, извршена је додела коефицијената за сваки критеријум посебно што је приказано у табели 4.

⁸ Илија Николић, Сениша Боровић, Вишекритеријумска оптимизација, Војно-техничка академија у Београду, Београд, 1996.

Табела 4 – Додела коефицијената за сваки критеријум посебно

	ЦЕНА ВОЗИЛА	КОРИСНА НОСИВОСТ	КАРАКТЕРИСТИКЕ МОТОРА	ПРОСЕЧНА ПОТРОШЊА ГОРИВА НА 100 km	ГАРАНЦИЈА
ВОЗИЛО 1	22	0.12	0.12	0.7	0.3
ВОЗИЛО 2	29	0.16	0.11	0.9	0.2
ВОЗИЛО 3	23	0.12	0.1	0.6	0.5
ВОЗИЛО 4	25	0.13	0.12	0.8	0.2

Додела коефицијената је извршена по следећем:

- за K1 – сходно цени возила (нпр. цена од 22.250 је добила индекс 22 и тако редом);
- за K2 – сходно носивости возила (нпр. носивост од 1.525 је добила индекс 0.16 и тако редом);
- за K3 – сходно карактеристикама мотора, где је узета у обзир снага као битни-ја одлика мотора (нпр. снага мотора од 120 је добила индекс 0.12 и тако редом);
- за K4 – сходно просечној потрошњи горива (нпр. потрошња горива од 7,3 је добила индекс 0.8 и тако редом) и
- за K5 – сходно гаранцији (нпр. гаранција од 3 године је добила индекс 0.3 и тако редом).

Одмах затим су одређене тежине, на исти начин као и код методе ТОПСИС, што је приказано у табели 5:

Табела 5 – Додела тежина за критеријуме

	K1	K2	K3	K4	K5
ТЕЖИНЕ	0.35	0.25	0.12	0.1	0.18

као и параметри q и p, чије су вредности дате у табели 6:

Табела 6 – Додељене вредности параметрима q и p

q	10	0.49	0.25	0.2	0.35
p	50	0.9	0.35	0.3	0.5

Након тога, приступа се утврђивању вредности за сваки критеријум посебно, сходно посматраним алтернативама.

На основу постављених критеријумима и извршеног прорачуна⁹ на основу пра-вила која дефинишу ову методу ранг је следећи:

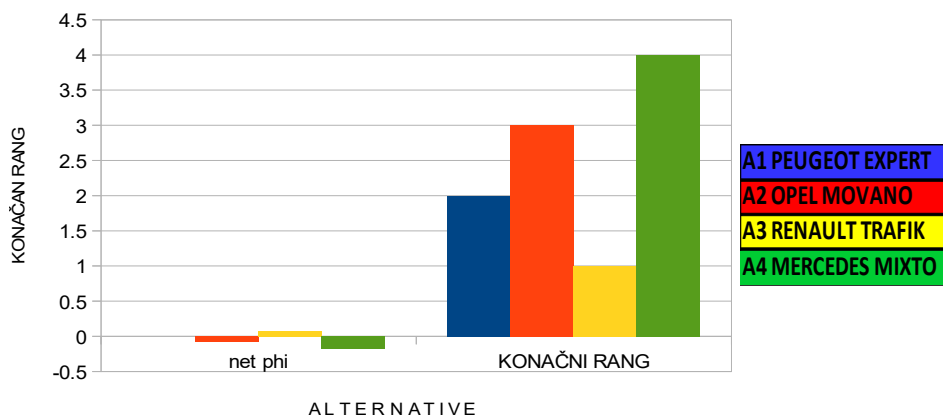
Табела 7 – Коначни ранг алтернатива добијеног методом PROMETHEE

	ВОЗИЛО 1	ВОЗИЛО 2	ВОЗИЛО 3	ВОЗИЛО 4
КОНАЧНИ РАНГ	2	3	1	4

- 1 - RENAULT TRAFIC
- 2 - PEUGEOT EXPERT
- 3 - OPEL MOVANO
- 4 - MERCEDES VITO MIXTO

⁹ Исто као што је наведено у 8. фусноти.

Графички, ранг алтернатива је приказан на слици 6.



Слика 6 – Графички приказ коначног ранга алтернатива добијених методом PROMETHEE

Упоредни приказ остварених резултата

Применом виšekритеријумских метода TOPSIS и PROMETHEE добијени су резултати избора возила за потребе транспорта у Војсци Србије, где је као критеријум са највећом важношћу узета цена новог возила, односно дата је важност критеријуму K1 – Цена возила.

На основу прорачуна методом TOPSIS, ранг је следећи:

- 1 – RENAULT TRAFIC
- 2 – PEUGEOT EXPERT
- 3 – MERCEDES VITO MIXTO
- 4 – OPEL MOVANO

На основу прорачуна методом PROMETHEE ранг је следећи:

- 1 – RENAULT TRAFIC
- 2 – PEUGEOT EXPERT
- 3 – OPEL MOVANO
- 4 – MERCEDES VITO MIXTO

Упоредивањем добијених вредности рангирања методом TOPSIS и методом PROMETHEE, долазимо до закључка да по питању избора возила на основу постављених 5 критеријума, прво и друго место прорачуном обе методе је:

- 1 – RENAULT TRAFIC и
- 2 – PEUGEOT EXPERT,

док је као треће и четврто рангирани MERCEDES VITO MIXTO применом TOPSIS методе, односно OPEL MOVANO применом PROMETHEE методе.

С обзиром да применом обе методе је добијено исто решење, несумњиво избор у набавци новог возила за потребе транспорта људу и терета сходно постављеним критеријумима је на моделу RENAULT TRAFIC.

У случају да доносилац одлуке даје важност критеријуму *K2* – Корисна носивост возила, тежина за наведени критеријум би била највећа, у овом случају 0,4 (повећан за 0,15 у односу на почетне вредности приказане у табели 2) док критеријум *K1* би имао вредност 0,2 (умањен за 0,15 у односу на почетне вредности приказане у табели 2).

Табела 8 – Почетна табела за повећану важност критеријума *K2* у методи TOPSIS

	K1	K2	K3	K4	K5
A1	22	12	12	7	3
A2	29	16	11	9	2
A3	23	12	10	6	5
A4	25	13	12	8	2
min/max	min	max	max	min	max
ТЕЖИНЕ	0.2	0.4	0.12	0.1	0.18

У том случају добијају се следећи крајњи резултат – ранг алтернатива применом методе TOPSIS:

Табела 9 – Ранг возила за повећану важност критеријума *K2* у методи TOPSIS

2	A1 PEUGEOT EXPERT
4	A2 OPEL MOVANO
1	A3 RENAULT TRAFIC
3	A4 MERCEDES VITO MIXTO

Приказан ранг возила у табели 9 представља исти редослед алтернатива у односу на табелу 3. На основу изнетог долазимо до закључка да променом вредности тежине за критеријум *K2* – Корисна носивост возила, не долази до промена у избору посматраних алтернатива у скупу критеријума. Ова чињеница је од битног значаја за доносиоца одлуке, јер су потврђени полазни добијени резултати и не постоји дилема око избора возила.

Применом методе PROMETHEE, са истим вредностима тежина за критеријум *K2* – Корисна носивост возила приказаних у табели 8, добија се следећи ранг

Табела 10 – Ранг возила за повећану важност критеријума *K2* у методи PROMETHEE

	ВОЗИЛО 1	ВОЗИЛО 2	ВОЗИЛО 3	ВОЗИЛО 4
КОНАЧНИ РАНГ	2	3	1	4

Приказан ранг возила у табели 10 представља исти редослед алтернатива у односу на табелу 7. На основу изнетог долазимо до закључка да променом вредности тежине за критеријум К2 – Корисна носивост возила, не долази до промена у избору посматраних алтернатива у скупу критеријума. Ова чињеница је од битног значаја за доносиоца одлуке, јер су потврђени полазни добијени резултати и не постоји дилема око избора возила.

У случају да доносилац одлуке даје важност критеријуму К3 – Карактеристике мотора, тежина за наведени критеријум би била највећа, у овом случају 0,4 (повећан за 0,28 у односу на почетне вредности приказане у табели 2), па би почетна матрица са тежинама изгледала на следећи начин:

Табела 11 – Почетна табела за повећану важност критеријума К3 у методи TOPSIS

	К1	К2	К3	К4	К5
A1	22	12	12	7	3
A2	29	16	11	9	2
A3	23	12	10	6	5
A4	25	13	12	8	2
min/max	min	max	max	min	max
ТЕЖИНЕ	0.2	0.2	0.4	0.1	0.1

У том случају добијају се следећи крајњи резултат – ранг алтернатива применом методе TOPSIS:

Табела 12 – Ранг возила за повећану важност критеријума К3 у методи TOPSIS

1	A1 PEUGEOT EXPERT
4	A2 OPEL MOVANO
2	A3 RENAULT TRAFIC
3	A4 MERCEDES VITO MIXTO

Приказан ранг возила у табели 12 је другачији од редоследа алтернатива у односу на табелу 3, заправо возила RENAULT TRAFIC и PEUGEOT EXPERT су заменила места. На основу изнетог долазимо до закључка да променом вредности тежине за критеријум К3 – Корисна носивост возила, долази до промена у избору посматраних алтернатива у скупу критеријума и да за посматрани критеријум најбољи избор возила је у типу PEUGEOT EXPERT.

Применом методе PROMETHEE, са истим вредностима тежина за критеријум К3 – Карактеристике мотора приказаних у табели 11, добија се следећи ранг.

Табела 13 – Ранг возила за повећану важност критеријума К3 у методи PROMETHEE

	ВОЗИЛО 1	ВОЗИЛО 2	ВОЗИЛО 3	ВОЗИЛО 4
КОНАЧНИ РАНГ	1	1	1	4

Приказан ранг возила у табели 13 представља промењен редослед алтернатива у односу на табелу 7. На основу изнетог долазимо до закључка да променом вредности тежине за критеријум К3 – Карактеристике мотора, долази до промена у избору посматраних алтернатива у скупу критеријума и да имамо ситуацију где чак три од четири модела возила представљају могућ избор возила. Овако добијено решење даје пуну слободу доносиоцу одлуке да, ако посматра овај критеријум као најважнији, изабере једно од понуђених решења по личном нахођењу.

Посматрајући добијене резултате обе методе по овом истом критеријуму, логичким закључивањем избор би био на моделу PEUGEOT EXPERT, јер је прво рангирано применом методе TOPSIS, а исти ранг дели са моделима RENAULT TRAFIC и OPEL MOVANO у примени методе PROMETHEE.

У случају да доносилац одлуке даје важност критеријуму К4 – Просечна потрошња горива на 100 km, тежина за наведени критеријум би била највећа, у овом случају 0,4 (повећан за 0,3 у односу на почетне вредности приказане у табели 2), па би почетна матрица са тежинама изгледала на следећи начин:

Табела 14 – Почетна табела за повећану важност критеријума К4 у методи TOPSIS

	К1	К2	К3	К4	К5
A1	22	12	12	7	3
A2	29	16	11	9	2
A3	23	12	10	6	5
A4	25	13	12	8	2
min/max	min	max	max	min	max
ТЕЖИНЕ	0.2	0.2	0.1	0.4	0.1

У том случају добијају се следећи крајњи резултат – ранг алтернатива применом методе TOPSIS:

Табела 15 – Ранг возила за повећану важност критеријума К4 у методи TOPSIS

2	A1 PEUGEOT EXPERT
4	A2 OPEL MOVANO
1	A3 RENAULT TRAFIC
3	A4 MERCEDES VITO MIXTO

Приказан ранг возила у табели 15 представља исти редослед алтернатива у односу на табелу 3. На основу изнетог долазимо до закључка да променом вредности тежине за критеријум К4 – Просечна потрошња горива на 100 km, не долази до промена у избору посматраних алтернатива у скупу критеријума. Ова чињеница је

од битног значаја за доносиоца одлуке, јер су потврђени полазни добијени резултати и не постоји дилема око избора возила.

Применом методе PROMETHEE, са истим вредностима тежина за критеријум K4 – Просечна потрошња горива на 100 km приказаних у табели 14, добија се следећи ранг.

Табела 15 – Ранг возила за повећану важност критеријума K4 у методи PROMETHEE

	ВОЗИЛО 1	ВОЗИЛО 2	ВОЗИЛО 3	ВОЗИЛО 4
КОНАЧНИ РАНГ	2	1	4	3

Приказан ранг возила у табели 15 представља промењен редослед алтернатива у односу на табелу 7. На основу изнетог долазимо до закључка да променом вредности тежине за критеријум K4 – Просечна потрошња горива на 100 km, долази до промена у избору посматраних алтернатива у скупу критеријума и да имамо ситуацију где је прворангирано возило типа OPEL MOVANO.

Посматрајући добијене резултате обе методе по овом истом критеријуму, закључујемо да се разликују прворангирана возила – применом методе TOPSIS избор би био на моделу RENAULT TRAFIC, док применом методе PROMETHEE избор би био на моделу OPEL MOVANO. Овако добијени резултати стављају доносиоца одлуке у дилему, а сам избор возила зависи од тога коју ће методу доносилац одлуке примењивати у раду.

У случају да доносилац одлуке даје важност критеријуму K5 – Гаранција, тежина за наведени критеријум би била највећа, у овом случају 0,4 (повећан за 0,22 у односу на почетне вредности приказане у табели 2), па би почетна матрица са тежинама изгледала на следећи начин:

Табела 16 – Почетна табела за повећану важност критеријума K5 у методи TOPSIS

	K1	K2	K3	K4	K5
A1	22	12	12	7	3
A2	29	16	11	9	2
A3	23	12	10	6	5
A4	25	13	12	8	2
min/max	min	max	max	min	max
ТЕЖИНЕ	0.2	0.2	0.1	0.1	0.4

У том случају добијају се следећи крајњи резултат – ранг алтернатива применом методе TOPSIS:

Табела 17 – Ранг возила за повећану важност критеријума K5 у методи TOPSIS

2	A1 PEUGEOT EXPERT
4	A2 OPEL MOVANO
1	A3 RENAULT TRAFIC
3	A4 MERCEDES VITO MIXTO

Приказан ранг возила у табели 17 представља исти редослед алтернатива у односу на табелу 3. На основу изнетог долазимо до закључка да променом вредности тежине за критеријум К5 – Гаранција, не долази до промена у избору посматраних алтернатива у скупу критеријума. Ова чињеница је од битног значаја за доносиоца одлуке, јер су потврђени полазни добијени резултати и не постоји дилема око избора возила.

Применом методе PROMETHEE, са истим вредностима тежина за критеријум К5 – Гаранција приказаних у табели 16, добија се следећи ранг.

Табела 18 – Ранг возила за повећану важност критеријума К5 у методи PROMETHEE

	ВОЗИЛО 1	ВОЗИЛО 2	ВОЗИЛО 3	ВОЗИЛО 4
КОНАЧНИ РАНГ	2	3	1	4

Приказан ранг возила у табели 18 представља исти редослед алтернатива у односу на табелу 7. На основу изнетог долазимо до закључка да променом вредности тежине за критеријум К5 – Гаранција возила, не долази до промена у избору посматраних алтернатива у скупу критеријума. Ова чињеница је од битног значаја за доносиоца одлуке, јер су потврђени полазни добијени резултати и не постоји дилема око избора возила.

Закључак

У експерименталном делу рада разматран је конкретан проблем на избору четири марке возила, дефинисана су пет критеријума за одабир возила, прикупљени неопходни подаци и формиран модел истраживања на основу којих се дошло до резултата у истраживању упоредно користећи TOPSIS и PROMETHEE методе вишекритеријумског одлучивања. На основу добијених резултата истраживања потврђене су чињенице да доносилац одлуке својим непосредним радом, дефинисањем вредности тежина критеријума и преференцијом ка неком критеријуму утиче на коначни ранг свих посматраних алтернатива и избор алтернативе у дефинисаном скупу критеријума. Такође, експериментом и истраживањем се дошло до закључка да са променом вредности тежинских коефицијента (тежина) за критеријуме долази и до промене у рангирању одабира алтернатива, односно посматраног скупа возила, где добијени резултати нису непознати научним сазнањима и потврђују иста.

У раду су приказани добијени резултати избора возила за потребе транспорта у Војсци Србије и „једногласност“ излазних података код обе методе. С друге стране, с обзиром да одлучивање зависи од стране доносиоца одлуке и његових преференција ка некој алтернативи и давању-истицању важности одређеног критеријума у избору алтернатива променом вредности коефицијента за критеријуме, долазимо до закључка да се мења и ранг возила, а самим тим би се променио и избор марке и типа возила. Добијени резултати имају широку примену и у осталим областима вишекритеријумске оптимизације, јер потврђују сва досадашња научна сазнања, а израђени софтвер се може модификовати за већи број критеријума и алтернатива у зависности од конкретних потреба у пракси.

Литература

[1] Ненад Павловић; „Избор возила за потребе транспорта Војске Србије применом метода вишекритеријумског одлучивања“, специјалистички академски рад, Факултет организационих наука, Београд, 2015.

[2] Journals of Operational Research, интернет извор <http://www.journals.elsevier.com/>

[3] Правилник о безбедности војних учесника у саобраћају на путевима (СВЛ 10/2014)

[4] Мирко Вујошевић, Увод у оптимизацију, интернет извор <http://www.laboi.fon.rs/>

[5] Илија Николић, Синиша Боровић, Вишекритеријумска оптимизација, Војно-техничка академија у Београду, Београд, 1996.

[6] Серафим Оприцовић, Вишекритеријумска оптимизација система у грађевинарству, - Универзитет у Београду, Београд, 1998.

[7] Мирко Вујошевић, Методе оптимизације у инжењерском менаџменту, ФОН, Београд, 2012.

[8] интернет извор <http://www.peugeot.rs/>

[9] интернет извор <http://www.opel.rs/>

[10] интернет извор <http://www.renault.rs/>

[11] интернет извор <http://www.mercedes-benz.rs/>

[12] интернет извор http://www.zakoni.rs/zakon_o_javnim_nabavkama/