

# ПРИМЕНА МЕТОДА ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКЕ (ВИШЕЦИЛЈНЕ) АНАЛИЗЕ У ПРОЦЕСУ ПЛАНИРАЊА, ПРОГРАМИРАЊА, БУЏЕТИРАЊА И ИЗВРШЕЊА У ВОЈСЦИ СРБИЈЕ – АНАЛИТИЧКИ ХИЈЕРАРХИЈСКИ ПРОЦЕС (АХП)

Роберт Кордик  
Генералштаб Војске Србије, Одсек за ППБИ

Одлучивање у Војсци Србије и када је у питању управљање програмом или пројектом кроз процес планирања, програмирања, буџетирања и извршења (ППБИ) углавном је засновано на вишекритеријумској – вишецилној анализи, а често је и колективног типа: многи фактори се узимају у обзир, а више интересних група или заинтересованих страна учествује у процесу одлучивања. Ти фактори су најчешће и међусобно супротстављени, дакле у конфликту су. Како помирити све те критеријуме, различите преференције и супротстављене интересе? Да ли постоји најбоље решење или, тачније, једно најбоље решење? Очигледно је, међутим, да сваки учесник у одлучивању има своје најбоље решење! Оно што је могуће у оваквим ситуацијама јесте да се доноси најбоље компромисно решење. Да би то било најбоље (компромисно) решење – и у трагању за њим, у последњих пет-шест деценија развијене су методе подршке одлучивању овог типа, такозване „методе вишекритеријумског одлучивања“. Проблеми се међусобно веома разликују. Класификују се генерално у две групе: 1) вишеатрибутно доношење одлука и 2) вишецилно доношење одлука. Основна разлика између тих група проблема је у томе да се први проблеми баве избором најбоље алтернативе из скупа расположивих алтернатива, а други проблеми су проблеми планирања. Примена методе аналитичког хијерархијског процеса – АХП у процесу планирања, програмирања, буџетирања и извршења у Војсци Србије, али и у систему одбране у целини, једно је од могућих решења за обе групе тих проблема.

Кључне речи: ППБИ, управљање програмом, вишекритеријумска (вишецилна) анализа и одлучивање, АХП

## Увод

Процес доношења одлука у Министарству одбране и Војсци Србије представља избор између алтернативних решења ради достизања циљева. Досадашња истраживања су показала да је већина свакодневних одлука, донетих инту-

итивно, углавном одговарајућа. Међутим, интуиција сама по себи није довољна за доношење сложених, суштинских одлука.

Многи људи још увек нису у потпуности свесни потребе за логичким приступом у процесу доношења одлука. Доношењу сложених одлука углавном се приступа на тај начин што се сматра да је обезбеђивање довољне количине информација, анализирање података и дубоко размишљање/промишљање довољно да обезбеди добру одлуку. Поред тога, обично се сматра да је потребно „загрејати столицу“ или применити неку од поједностављених метода или стратегија за анализу одлука. Као последица таквог приступа у одлучивању постоји опасност да се применом тих поједностављених метода или стратегија донесу одлуке слабог или никаквог квалитета. Вероватноћа фијаска у односу на одлуке које се доносе применом процеса доношења одлука високог квалитета је знатно већа. Такав поједностављени приступ у доношењу одлука најчешће прате погрешне перцепције и погрешни прорачуни и пре или касније воде ка неуспеху.

Следећа опасност огледа се у томе да се кључне одлуке доносе на исти начин као што се доносе свакодневне одлуке и да се предност да квантитативним у односу на квалитативне факторе одлука. Сви аутори који се баве овим питањем слажу се да је, без икакве сумње, доношење одлука један од најтежих и суштински најважнијих задатака који се постављају пред доносиоце одлука. То се може упоредити са задацима који се постављају пред спортисте и њихове тренере, а који, поред снаге, треба да усаврше и технике за постизање врхунских спортских резултата. Неке од тих техника немају никакве везе са интуицијом већ често са напорним тренирањем заснованом на покушајима и грешкама. Као и у спорту, и сам процес доношења одлука у Војсци Србије често може бити веома тежак.

## АХП као алат за доношење одлука

Аналитички хијерархијски процес (*Analytic Hierarchy Process – АHP*) представља један од најпознатијих метода научне анализе сценарија и доношења одлука конзистентним вредновањем хијерархија чије елементе чине циљеви, критеријуми, поткритеријуми и алтернативе.

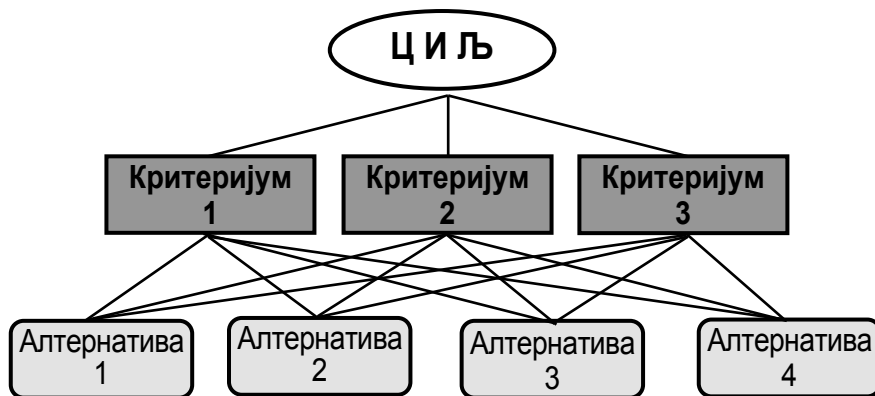
По многим мишљењима АХП је систем за подршку у одлучивању – СПО. Садржи коректан математички модел и реализован је као уобличен софтвер за рачунарске платформе са потпуном техничком подршком. У рачунарској верзији *Expert Choice* (експертски избор) сматра се комерцијалним СПО опште намене у области вишекритеријумског одлучивања. Прегледом интернета и референци произвођача, евидентно је да се АХП интензивно користи за одлучивање у областима управљања, алокације и дистрибуције. Саму идеју и математичку поставку АХП-а дао је Томас Сети (Thomas Saaty, 1980). Власник лиценце за софтверску реализацију, у верзијама за појединачно и групно доношење одлука, јесте фирма *Expert Choice, Inc.* из Питсбурга у САД.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Извор: <http://www.expertchoice.com/> (Приступљено 16. 02. 2011. године).

## Методолошке основе АХП

АХП спада у класу метода за меку оптимизацију.<sup>2</sup> Основу чине специфични алат за формирање и анализу хијерархија одлучивања. АХП најпре омогућава интерактивно креирање хијерархије проблема као припрему сценарија одлучивања, а затим вредновање у паровима елемената хијерархије (циљева, критеријума и алтернатива) у top-down (с врха према доле) смеру. На крају се синтетизују сва вредновања и по строго утврђеном математичком моделу одређују (израчунавају) тежински коефицијенти свих елемената хијерархије. Збир тежинских коефицијената елемената на сваком нивоу хијерархије једнак је 1, што омогућава доносиоцу одлука да рангира све елементе у хоризонталном и вертикалном смислу. АХП омогућава интерактивну анализу осетљивости поступка вредновања на коначне рангове елемената хијерархије. Поред тога, током вредновања елемената хијерархије, све до краја процедуре и синтезе резултата, проверава се конзистентност (доследност) резоновања доносиоца одлука и утврђује исправност добијених рангова алтернатива и критеријума, као и њихових тежинских вредности. Методолошки посматрано, АХП је вишекритеријумска техника која се заснива на разлагању сложеног проблема у хијерархију. Циљ се налази на врху хијерархије, док су критеријуми, поткритеријуми и алтернативе на нижим нивоима. На следећој слици приказана је хијерархија коју чине циљ, три критеријума и четири алтернативе.



Слика 1 – Хијерархија разлагања проблема

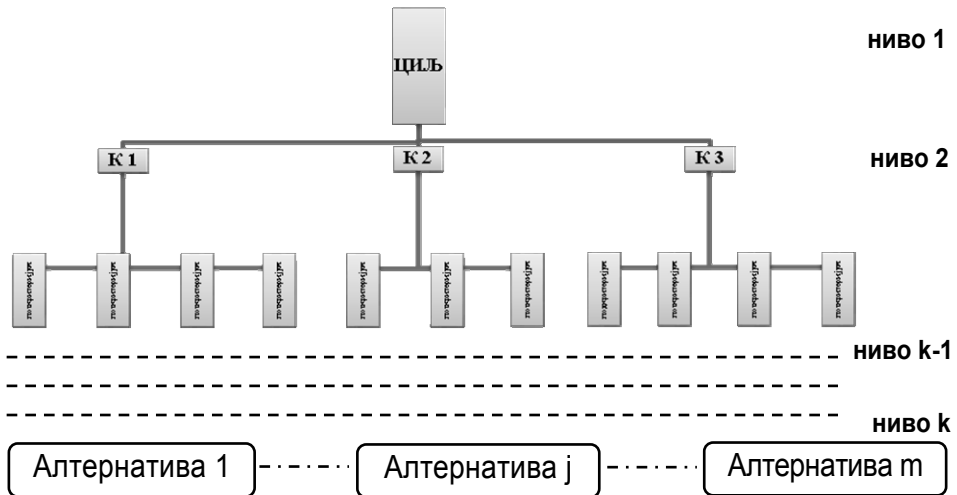
<sup>2</sup> Постојање више алтернатива и критеријума, од којих неке треба максимизирати, а неке минимизирати, значи да се одлуке доносе у конфликтним условима и да се за решавање вишекритеријумских задатака морају применити инструменти који су флексибилнији од строго математичких техника чисте оптимизације. За ову сврху развијене су методе анализе међу којима су значајнији АХП, PROMETHEE, ELECTRE, TOPSIS и CP (Compromise Programming). Ове методе се често називају „меке“ оптимизационе технике, за разлику од математички строго профилисаних стандардних оптимизационих метода као што су Линеарно програмирање – ЛП, Динамичко програмирање – ДП или Теорија игара. Све користе хеуристичке параметре и мере растојања. Неки имају више верзија (нпр. АХП стандардни и мултипликативни, ELECTRE I, II, III и IV, или PROMETHEE 1 и 2), а у пракси се често паралелно користи неколико метода да би се обезбедила контрола конзистентности одлучивања. У новије време се користе и fuzzy – „магла – нејасно“ (фази) верзије појединих метода да би се обухватио комплекс проблема повезаних са групним одлучивањем, људском субјективношћу, експертским знањем, склоношћу да се користе вербалне уместо бројчаних оцена и др.

Хијерархија не мора да буде комплетна. На пример, елемент на неком нивоу не мора да буде критеријум за све елементе нижег нивоа, тако да се хијерархија може поделити на хијерархије нижег нивоа којима је заједнички једино елемент на врху хијерархије. АХП је врло флексибилан, јер омогућава да се код сложених проблема са много критеријума и алтернатива прилично лако нађу релације између утицајних фактора, препозна њихов експлицитни или релативни утицај и значај у реалним условима и одреди доминантност једног фактора у односу на други. Метод препознаје чињеницу да се и најсложенији проблем може разложити на хијерархију и то тако да су у даљу анализу укључени и квалитативни и квантитативни аспекти проблема. АХП држи све делове хијерархије у вези. Због тога је једноставно видети како промена једног фактора утиче на остале факторе.

АХП се примењује разним областима стратегијског менаџмента, укључујући и област одбране. Одлуке које се доносе имају далекосежан значај и доносиоци одлука радо бирају квалитетног и поузданог саветника у фази разматрања алтернатива и утврђивања њихових ефеката у односу на постављене циљеве. О значају научне заснованости АХП у довољној мери сведочи и чињеница да је метод детаљно проучаван и унапређиван путем многих докторских дисертација и научних радова на престижним светским универзитетима. Више научних конференција посвећено је само АХП, што додатно потврђује његов квалитет и актуелност. Тренутно, у Војсци Србије примењује се ова метода за различите потребе, а у процесу ППБИ превасходно се користи за израчунавање тежинских коефицијената приликом утврђивања: 1) приоритета циљева програма; 2) приоритета циљева потпрограма и потпрограмских елемената и 3) приоритета пројеката и активности.

## Математичке основе АХП

Хијерархијски структуриран модел одлучивања у општем случају састоји се од циља, критеријума, неколико нивоа поткритеријума и алтернатива.



Слика 2 – Општи хијерархијски модел у АХП

Циљ је увек на врху и он се не пореди ни са једним од других елемената. На нивоу 1 је  $n$  критеријума који се у паровима, свако са сваким, пореде у односу на непосредно надређени елемент на вишем нивоу; овде је то циљ на нултом нивоу. Потребно је укупно  $n(n-1)/2$  поређења, што значи да број поређења приближно одговара квадрату броја елемената који се пореде. Примењује се исти поступак, идући кроз хијерархију ниже, све док се на последњем нивоу  $k$  не изврше поређења свих алтернатива у односу на надређене поткритеријуме на претпоследњем  $k-1$  нивоу.

Аксиоми на којима се АХП заснива су:<sup>3</sup>

– **Аксиом реципрочности.** Ако је елемент  $A$   $n$  пута значајнији од елемента  $B$ , тада је елемент  $B$   $1/n$  пута значајнији од елемента  $A$ .

– **Аксиом хомогености.** Поређење има смисла једино ако су елементи упоредиви (на пример, не може се поредити тежина инсекта са тежином слона).

– **Аксиом зависности.** Дозвољава се поређење међу групом елемената једног нивоа у односу на елемент вишег нивоа, тј. поређења на нижем нивоу зависе од елемента вишег нивоа.

– **Аксиом очекивања.** Свака промена у структури хијерархије захтева поновно израчунавање приоритета у новој хијерархији.

Свако поређење два елемента хијерархије (модела) врши се коришћењем Сетијеве скале дате у следећој табели:

$$S = \left\{ \frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \right\}$$

Табела 1 – Сетијева скала вредновања

Значај	Дефиниција	Објашњење
1	Истог значаја	Два елемента су истог значаја у односу на циљ.
3	Слаба доминантност	Искуство или расуђивање незнатно фаворизују један елемент у односу на други.
5	Јака доминантност	Искуство или расуђивање знатно фаворизују један елемент у односу на други.
7	Врло јака доминантност	Доминантност једног елемента у односу на други потврђена у пракси.
9	Апсолутна доминантност	Доминантност највишег степена.
2,4,6,8	Међувредности	Потребан компромис или даља подела.

(Извор: [http://www.booksitesn.et/download/coyle/student\\_files/AHP\\_Techniquep.df](http://www.booksitesn.et/download/coyle/student_files/AHP_Techniquep.df)  
Приступљено: 14. 02. 2011. године)

Резултати поређења елемената на датом нивоу хијерархије смештају се у одговарајуће матрице поређења. На пример, ако се међусобно пореди  $n$  елемената у

<sup>3</sup> Saaty, 1986; Alphonse, 1997; Harker & Vargas, 1987.

односу на одговарајући елемент на непосредно вишем нивоу хијерархије, тада се при поређењу елемента и у односу на елемент  $j$  путем Сетијеве скале одређује нумерички коефицијент  $a_{ij}$  и смешта на одговарајућу позицију у матрици  $A$ :

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & \cdot & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdot & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdot & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Реципрочна вредност резултата поређења смешта се на позицији  $a_{ji}$  да би се очувала конзистентност расуђивања. На пример, ако је елемент 1 незнатно фаворизован у односу на елемент 2, на месту  $a_{12}$  матрице  $A$  био би број 3, а на месту  $a_{21}$  била би реципрочна вредност  $1/3$ .

Смисао матрице поређења најбоље се може разумети из следећих разматрања. У „савршеном свету“, што је идентично перфектно конзистентном вредновању, матрица  $A$ , у којој се смештају резултати поређења, била би иста као матрица  $X$ :

$$X = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \dots & \frac{w_3}{w_n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \quad (2)$$

где и  $w_i$  представља релативни тежински коефицијент елемента  $i$ .

Предложене су различите методе да би се из матрице  $A$  екстраховале вредности вектора тежинских коефицијената  $\mathbf{w}^T = \{w_1, \dots, w_n\}$  које би биле блиске апроксимације одговарајућих елемената матрице  $X$ . Сети је предложио да се за матрицу  $A$  најпре одреди њена максимална сопствена вредност,  $\lambda_{\max}$ .

Одговарајући вектор сопствених вредности матрице може се затим узети као вектор приближних вредности тежинских коефицијената,  $\mathbf{w}^T$ , јер важи:

$$\begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \dots & \frac{w_3}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

Вектор  $w$  може се добити решавањем система хомогених линеарних једначина:

$$A^*w = n^*w \text{ или } (A-nI)^*w = 0, \text{ односно } A^*w = \lambda_{\max}^*w \quad (4)^4$$

Систем има нетривијално решење ако, и само ако је  $n$  сопствена вредност матрице  $A$ , тј. ако је детерминанта матрице  $(A-nI)$  једнака нули.

Сада матрица  $X$  има ранг 1, пошто је сваки ред матрице производ константе и првог реда матрице. Због тога су све сопствене вредности, сем једне, једнаке нули. Сума сопствених вредности матрице једнака је трагу матрице. У овом случају траг матрице  $X$  једнак је  $n$ . Према томе,  $n$  је сопствена вредност матрице  $A$  и систем (4) има нетривијално решење. Решење се састоји од позитивних елемената у вектору решења и оно је јединствено у границама дате мултипликативне константе.<sup>5</sup> Да би се постигло да  $w$  буде јединствено, његови елементи се нормализују тако што се поделе са њиховом сумом.

Друге технике за одређивање вектора тежинских коефицијената  $w$ , а које такође препоручује Сети, укључују сумирање редова матрице резултата поређења и нормализовање добијених сума, јер је:

$$\sum_{j=1}^n \frac{w_i}{w_j} = w_i \left( \sum_{j=1}^n \frac{1}{w_j} \right) \quad i = 1, \dots, n \quad (\text{по редовима}) \quad (5)$$

<sup>4</sup> Метода сопственог вектора, Харкер, 1985.

<sup>5</sup> Теорема Перон – Фробениус (Perron – Frobenius). У линеарној алгебри теорему су доказали Оскар Перон (1907) и Георг Фробениус (1912). У теорему се тврди да права квадратна матрица са позитивним уносима има јединствену највећу реалну сопствену вредност и да је одговарајући сопствени вектор има строго позитивне компоненте, и такође тврди за одређене класе не-негативних матрица. Ова теорема је важна у примени теорије вероватноће (Марковљеви ланци – видети детаљније: [http://sh.wikipedia.org/wiki/Markovljev\\_lanac](http://sh.wikipedia.org/wiki/Markovljev_lanac)), теорији динамичких система, економији, демографији и даје математичку позадину претраживачима интернета, а служи чак и за рангирање фудбалских тимова. (Приступљено: 18. 2. 2011).

Вектор тежинских коефицијената  $\mathbf{w}$  може се добити и тако што се реципрочне вредности сума колона нормализују:

$$\sum_{i=1}^n \frac{w_i}{w_j} = \frac{1}{w_j} \left( \sum_{i=1}^n w_i \right) \quad i = 1, \dots, n \text{ (по редовима)} \quad (6)$$

Иако се ређе среће у пракси, одређивање  $\mathbf{w}$  може се вршити нормализацијом геометријске средине елемената по редовима матрице. Када се на неки од наведених начина одреди, вектор тежинских коефицијената  $\mathbf{w}$  затим се множи са тежинским коефицијентом елемента са вишег нивоа који је коришћен као критеријум при поређењу. Процедура се понавља крећући се ка нижим нивоима хијерархије. Тежински коефицијенти израчунавају се за сваки елемент на датом нивоу, а затим се користе за одређивање тзв. „композитних“ релативних тежинских коефицијената елемената у нижим нивоима.

Када се поступак спроведе до последњег нивоа на којем су алтернативе, на крају се одређују композитни тежински коефицијенти свих алтернатива. Збир свих ових коефицијената је 1, а доносилац одлуке располаже са две кључне информације: (1) познат је релативан значај сваке алтернативе у односу на циљ на врху хијерархије (оцена значајности) и (2) утврђен је редослед алтернатива по значају (рангирање).

## Конзистентност (доследност)

АХП спада у веома популарне методе и због тога што има способност да идентификује и анализира неконзистентности (недоследности) доносиоца одлука у процесу расуђивања и вредновања елемената хијерархије. Човек је, иначе, ретко кад конзистентан при процењивању вредности или односа квалитативних елемената у хијерархији. На одређен начин АХП ублажава овај проблем на тај начин што упознаје доносиоца одлуке са прорачунатим степеном неконзистентности.

Како се у АХП третира конзистентност следи из следећих разматрања. Када би постојала могућност да се прецизно одреде вредности тежинских коефицијената свих елемената који се међусобно пореде на датом нивоу хијерархије, сопствене вредности матрице (1) биле би потпуно конзистентне. Међутим, ако се, на пример, тврди да је А много већег значаја од В, В нешто већег значаја од С, и С нешто већег значаја од А, настаје неконзистентност у решавању проблема и смањује се поузданост резултата. Постоји општи став да редундантност (непотребност, сувишност, небитност) поређења у паровима чини АХП методом која није превише осетљива на грешке у расуђивању. Такође, даје могућност да се мере грешке у расуђивању тако што се израчунава индекс конзистентности за добијену матрицу поређења, а затим израчунава и степен конзистентности.

Да би се израчунао степен конзистентности (CR), прво треба израчунати индекс конзистентности (CI) према релацији:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad (7)$$

где је  $\lambda_{\max}$  максимална сопствена вредност матрице поређења. Што је  $\lambda_{\max}$  ближе броју  $n$ , мања ће бити неконзистентност.



Да би се израчунало  $\lambda_{\max}$ , прво треба помножити матрицу поређења са вектором тежинских коефицијената да би се одредио вектор **b**:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & \cdot & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdot & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdot & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ b_n \end{bmatrix} \quad (8)$$

Дељењем кореспондентних елемената вектора **b** и **w** добија се:

$$\begin{bmatrix} \frac{b_1}{w_1} \\ \frac{b_2}{w_2} \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{b_n}{w_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \lambda_n \end{bmatrix}, \quad (9)$$

а коначно је:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda_i. \quad (10)$$

Заменом вредности  $\lambda_{\max}$  из релације (10) у релацију (7) одређује се индекс конзистентности (CI).

Коначно, степен конзистентности (CR) представља однос индекса конзистентности (CI) и случајног индекса (RI)<sup>6</sup>:

$$CR = \frac{CI}{RI}. \quad (11)$$

Случајни индекс (RI) зависи од реда матрице, а преузима се из табеле 2, у којој први ред представља ред матрице поређења, а други случајне индексе.

Табела 2 – Случајни индекси<sup>7</sup>

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,0	0,0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

(Извор: [http://www.booksitesn.et/download/coyle/student files/AHP\\_Techniquep.df](http://www.booksitesn.et/download/coyle/student_files/AHP_Techniquep.df)  
Пристапљено: 16. 02. 2011. године)

<sup>6</sup> CI – Consistency Index; CR – Consistency Rank; RI – Random Index.

<sup>7</sup> У табели 2 је намерно заокружен трећи ред матрице и случајни индекс 0,58 јер ће се користити у наредном Примеру број 1.

Ако је степен конзистентности (CR) мањи од 0,10, резултат је довољно тачан и нема потребе за корекцијама у поређењима и понављању прорачуна. Под условом да је степен конзистентности већи од 0,10, резултате би требало поново анализирати и установити разлоге неконзистентности. То се може обавити делимичним понављањем поређења у паровима, а ако понављање процедуре у неколико корака не доведе до снижења степена конзистентности до толерантног лимита 0,10, све резултате треба одбацити и поновити цео поступак од почетка. Међутим, треба напоменути да се у пракси често дешава да степен конзистентности буде већи од 0,10, а да се изабрана алтернатива ипак задржи као најбоља.

## Примена АХП у управљању програмом и пројектима у Војсци

Планирање, програмирање, буџетирање и извршење у Министарству одбране и Војсци Србије практично је почело да се примењује од 2009. године, када су израђени и одобрени први главни програми, а у оквиру њих и програми, пројекти и активности. Само извршење отпочело је 2010. године. Већ у самом почетку уочени су проблеми који се односе на: 1) формулисање циљева (општих и специфичних за средњорочни период, као и краткорочних за једногодишњи период); 2) њихово структурирање по хијерархији; 3) одређивање вредности (тежинских коефицијената), како циљева, тако и пројеката и активности (алтернатива); 3) идентификовање и анализу ризика и њихово структурирање; 4) одређивање утицаја организационих јединица Министарства одбране и Војске Србије у достизању тих циљева, а у вези с тим и 5) додељивање потребних ресурса, укључујући и новчана средства за њихово извршење, односно реализацију.

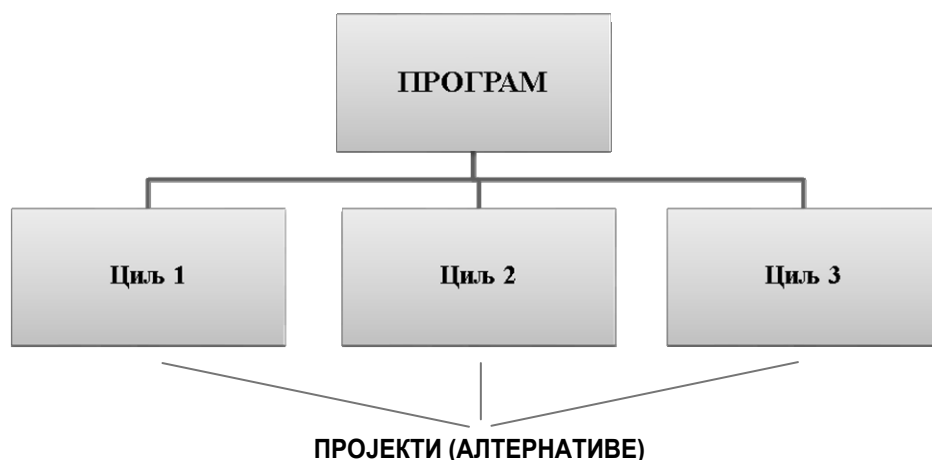
Како би се ближе објаснила употреба АХП у управљању програмом и пројектима, да-та су три следећа једноставна примера. У првом примеру одређују се тежински коефицијенти циљева у којима се дефинише њихова релативна вредност приоритета у односу на програм, у другом се анализирају потенцијални ризици по извршење програма, а у трећем се одређују вредности и рангирају пројекти у односу на циљеве програма.

### **Пример 1: Одређивање тежинских коефицијената циљева програма**

Треба одредити релативну вредност циља (тежинске коефицијенте), а тиме и вредност пројеката и активности у оквиру програма. Сваки од пројеката и активности треба да буде у функцији једног или више циљева програма. У овом примеру, за одређивање пројекта постављена су три циља програма: Циљ 1, Циљ 2 и Циљ 3.

У примеру ће се извршити вредновање у односу на програм, без одређивања тежинских коефицијената пројеката (алтернатива) у односу на циљеве.

На слици 3 приказана је хијерархија формирана на основу горње делимичне формулације проблема (треба уочити да проблем није комплетан, јер недостају пројекти – алтернативе).



Слика 3 – Хијерархијска структура проблема

**Корак 1.** Поставити  $n$  циљева у редове и колоне матрице  $n \times n$ .

Нацртати растер матрице реда  $n$  и са леве и горње стране уписати називе циљева. Растер у овом случају одговара матрици  $3 \times 3$ .

**Корак 2.** Поредити циљеве у односу на програм.

При поређењу се користи Сетијева скала из табеле 1. Посматрајући програм, за сваки пар циљева (нпр. почевши од Циља 1 и Циља 2) треба унети вредност значаја једног критеријума у односу на други на позицију (Циљ 1, Циљ 2) у матрици резултата поређења. Тако је овде на позицији пресека реда Циља 1 и колоне Циља 2 уписана вредност 3; према ранијој аргументацији на позицији (Циљ 2, Циљ 1) уноси се реципрочна вредност  $1/3$ . Затим се наставља са поређењем осталих циљева: Циљ 1 – Циљ 3 и Циљ 2 – Циљ 3. Матрица поређења циљева у односу на програм могла би да изгледа овако:<sup>8</sup>

Табела 3 – Матрица поређења

	Циљ 1	Циљ 2	Циљ 3
Циљ 1	1	3	5
Циљ 2	$1/3$	1	4
Циљ 3	$1/5$	$1/4$	1

У овом примеру потребна су три поређења. Треба приметити да је у општем случају број поређења једнак  $n \times (n-1)/2$ , односно да одговара броју комбинација  $n$  елемената друге класе без понављања. Такође, треба уочити да је на главној дијагонали свуда уписана вредност 1.

<sup>8</sup> Матрица са истим број врста и колоне, дакле матрица у којој је  $m = n$ , односно матрица  $n \times n$  назива се квадратном матрицом реда  $n$ . У овом примеру имамо три реда и три колоне, тако да се ова матрица сматра квадратном матрицом трећег реда. Такође, скаларна (дијагонална) матрица чији су сви елементи (на главној дијагонали) једнаки 1 назива се јединичном матрицом.

**Корак 3.** Одредити вектор сопствених вредности матрице поређења.

Постоји једноставан метод за добијање сопствених вредности матрице. Прво се у свакој колони сумирају сви њени елементи, а затим се сваки елемент матрице подели са добијеном сумом за колону у којој се тај елемент налази. На пример, за елемент првог реда прве колоне добија се  $1/(1+1/3+1/5) = 1/1,53 = 0,65$ . Затим се саберу тако добијене вредности по редовима као у доњој табели.

Табела 4 – Сопствене вредности матрице

	Циљ 1	Циљ 2	Циљ 3	СВЕГА
Циљ 1	0,65	0,71	0,50	<b>1,86</b>
Циљ 2	0,22	0,24	0,40	<b>0,85</b>
Циљ 3	0,13	0,06	0,10	<b>0,29</b>

Нормализовање суме редова врши се тако што се збир сваког реда дели са бројем редова. Резултат ових израчунавања је вектор приоритета који представља вектор сопствених вредности матрице.<sup>9</sup>

$$1/3 \begin{pmatrix} 1,86 \\ 0,85 \\ 0,29 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,63 \\ 0,28 \\ 0,09 \end{pmatrix}$$

**Корак 4.** Доделити тежинске вредности циљева на основу израчунаог вектора сопствених вредности. На основу резултата претходног корака сваки циљ добија одговарајући тежински коефицијент којим се дефинише његова релативна вредност у односу на програм. Овде су то:

$$w_1 = 0,63 \text{ (за Циљ 1)}, w_2 = 0,28 \text{ (за Циљ 2)}, w_3 = 0,09 \text{ (за Циљ 3)}$$

**Корак 5.** Испитати конзистентност резултата.

Да би се израчунало  $\lambda_{\max}$  према релацији (8) треба помножити матрицу у којој се налазе резултати поређења са вектором приоритета:

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 4 \\ 1/5 & 1/4 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0,63 \\ 0,28 \\ 0,09 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1,93 \\ 0,85 \\ 0,29 \end{pmatrix},$$

а затим, према (9), поделити први елемент израчунаог вектора са првим елементом вектора приоритета, други елемент са другим, итд.:

<sup>9</sup> Матрица у којој је само једна колона називају се и *вектори*.

$$\begin{pmatrix} 1,93 \\ 0,63 \\ 0,85 \\ 0,28 \\ 0,29 \\ 0,09 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3,07 \\ 3,01 \\ 3,19 \end{pmatrix}$$

Према релацији (10) одређује се  $\lambda_{\max}$ :

$$\lambda_{\max} = \frac{3,07 + 3,01 + 3,19}{3} = 3,088,$$

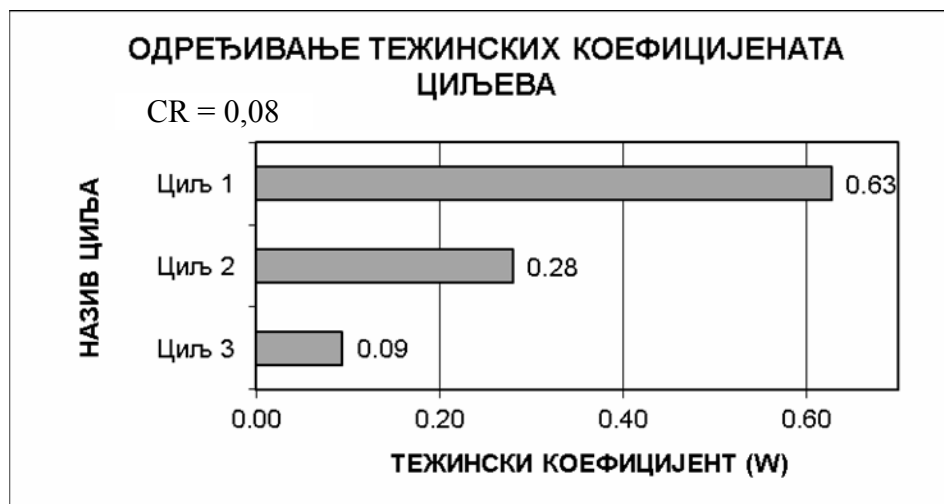
а затим се помоћу релације (7) израчунава индекс конзистентности:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{3,088 - 3}{3 - 1} = 0,044$$

На крају се израчунава степен конзистентности (CR) коришћењем релације (11):<sup>10</sup>

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,44}{0,58} = 0,08 < 0,10.$$

Степен конзистентности је овде задовољен, јер је мањи од 0,10. У случају да је био већи, била би потребна нова евалуација значаја циљева, односно требало би се вратити на Корак 2 и поновити наредне кораке за нову матрицу приоритета.



Слика 4 – Приказ резултата одређивања тежинских коефицијената циљева

<sup>10</sup> Видети табелу 2 – Случајни индекси.

Применом *Expert Choice* софтвера, прорачун резултата кроз свих 5 описаних корака обавља се готово тренутно.

**Пример 2:** Анализа потенцијалних ризика на реализацију програма

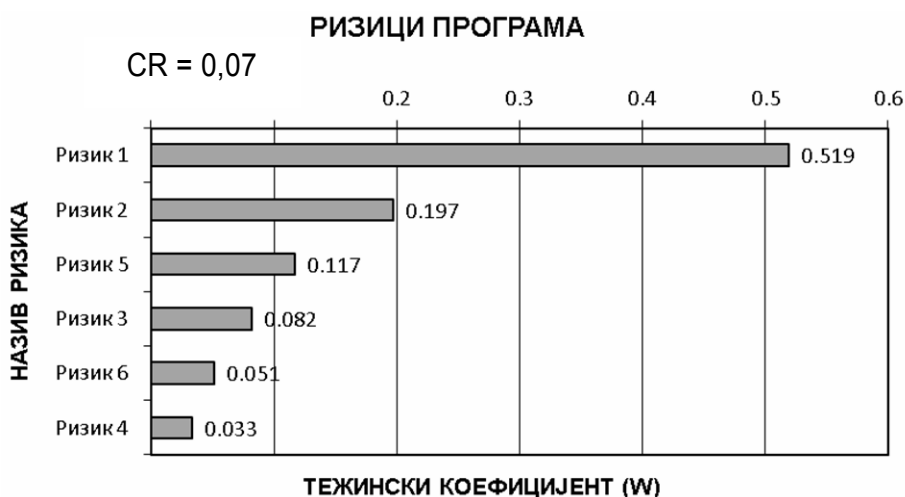
Приликом процене степена потенцијалних ризика реализације програма, идентификовани су следећи: Ризик 1 ( $P_1$ ); Ризик 2 ( $P_2$ ); Ризик 3 ( $P_3$ ); Ризик 4 ( $P_4$ ); Ризик 5 ( $P_5$ ); Ризик 6 ( $P_6$ ).

Матрица поређења изгледала би према следећем:

Табела 5 – Матрица поређења ризика

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$
$P_1$	1	5	6	7	6	8
$P_2$	1/5	1	4	6	2	4
$P_3$	1/6	1/4	1	3	2	3
$P_4$	1/7	1/6	1/3	1	4	3
$P_5$	1/6	1/2	1/2	1/4	1	3
$P_6$	1/8	1/4	1/3	1/3	1/3	1

Применом АХП извршена је њихова анализа са аспекта нивоа утицаја који могу да имају на реализацију програма. У примеру није разматрана вероватноћа догађања ризика што, такође, може бити предмет анализе АХП методом. Анализа је извршена обрадом података **хипотетички** прибављених од свих организационих јединица Генералштаба Војске Србије и надлежних команди Војске Србије, те су добијени и по приоритету поређани следећи резултати – тежински коефицијенти којима се дефинише њихов релативни утицај на достизање циљева програма, уз степен неконзистентности  $CR = 0,07$ :



Слика 5 – Приказ резултата одређивања тежинских коефицијената ризика програма

Анализом ризика утврђено је да Ризик 1 може да има највећи утицај на успешност реализације програма, а Ризик 4 најмањи. С тим у вези, потребно је да се изнађе одговарајућа стратегија како би се благовремено предузеле све потребне мере и умањио утицај наведених ризика, а што би требало да буде предмет посебних разматрања.

### Пример 3: Рангирање пројеката у односу на циљеве програма

У следећем примеру одредиће се ранг пројеката по приоритетима у оквиру једног програма са тежинским ознакама њихове релативне вредности у односу на циљеве.

Нека је су оквиру програма дефинисана четири циља које је потребно достићи са тежинским ознакама, по следећем:

- Циљ 1 ( $Wc_1 = 0,37$ );
- Циљ 2 ( $Wc_2 = 0,21$ );
- Циљ 3 ( $Wc_3 = 0,10$ );
- Циљ 4 ( $Wc_4 = 0,32$ ).

За достизање наведених циљева програма утврђено је 11 пројеката. Реализација појединих пројеката утиче на достизање најмање једног, али и више циљева истовремено, у мањој или већој мери. Конвенцијом је утврђена скала оцењивања приоритета пројеката који доприносе достизању циљева на следећи начин:

- Висок приоритет – 0,80;
- Средњи приоритет – 0,50;
- Низак приоритет – 0,20;
- Нема приоритет – 0,00.

Какав је однос циљева и пројеката приказано је у табели 6.

Табела 6 – Матрица поређења пројеката у односу на циљеве

	Циљ 1	Циљ 2	Циљ 3	Циљ 4
Пројекат 1	0,80	0,50	0,20	0,00
Пројекат 2	0,20	0,50	0,00	0,50
Пројекат 3	0,50	0,50	0,50	0,20
Пројекат 4	0,00	0,80	0,20	0,50
Пројекат 5	0,80	0,50	0,50	0,50
Пројекат 6	0,20	0,50	0,20	0,80
Пројекат 7	0,50	0,00	0,80	0,50
Пројекат 8	0,50	0,20	0,00	0,80
Пројекат 9	0,00	0,00	0,80	0,50
Пројекат 10	0,20	0,80	0,20	0,20
Пројекат 11	0,80	0,00	0,80	0,50

У односу на циљеве програма, након израчунавања, ранг пројеката у односу на целокупан програм изгледао би као у следећем редоследу:



Слика 6 – Приказ резултата одређивања тежинских коефицијената пројеката и њихово рангирање у програму

Из добијених резултата следи да је по нивоу приоритета у односу на програм, на првом месту Пројекат 5, а на последњем Пројекат 2. Такво рангирање треба да утиче на доделу расположивих ресурса тим пројектима (људских, материјалних, инфраструктурних и временских), укључујући и новчана средства.

## Закључак

Несумњиво да АХП има изузетно добре особине, врло применљиве на процес ППБИ и у Министарству одбране и у Војсци Србије. Посебно се истичу особине, као што су:

– АХП успешно симулира процес доношења одлука, од дефинисања циљева и алтернатива (пројеката и активности), до вредновања тих циљева и алтернатива у паровима и добијања резултата, односно утврђивања ранга свих алтернатива у односу на постављене циљеве и програм у целини. Док АХП траје, корисник има осећај да софтвер исправно прати његов процес размишљања и да му правовремено указује на то да ли је расуђивање конзистентно;

– АХП даје доносиоцу одлука и информацију о тежинским коефицијентима пројеката и активности у односу на циљеве појединачно и програм у целини, што утиче на утврђивање приоритета у додељивању ресурса;



– када се користи при групном доношењу одлука, АХП знатно побољшава комуникацију међу члановима групе. Постиге се боље разумевање и лакше долази до консензуса, а у коначном исходу чланови групе имају више поверења у изабрану алтернативу;

– АХП успешно идентификује и указује на неконзистентност доносилаца одлука, што је важно када се узме у обзир да су доносиоци одлука ретко када конзистентни у свом расуђивању у односу на квалитативне аспекте проблема. Код комбинација квалитативних и квантитативних критеријума могућности за појаву неконзистентности су најизраженије;

– са становишта одлучивања у области одбране, АХП је погодан за реалне комплексне проблеме планирања као методолошки једноставан и логички утемељен механизам за подршку одлучивању са свим основним својствима доброг СПО. У поређењу са другим моделима за одређивање тежинских коефицијената и рангирање приоритета при вредновању планских алтернатива, АХП је једноставнији за коришћење и даје резултате којима се може веровати.

Области у којима се АХП метода најчешће користи у свету су :

- стратегијско планирање;
- алокација - додељивање ресурса;
- избор партнера и трговаца;
- избор технологије;
- истраживање и развој;
- управљање инфраструктуром и капацитетима;
- капитално планирање;
- управљање људским ресурсима;
- планирање маркетинга и др.

Примери успешног коришћења АХП методе и Expert Choice софтвера у свету:<sup>11</sup>

- Министарство одбране и Војска САД;
- Министарство унутрашње безбедности САД (Homeland Security Department);
- Министарство одбране и Војска Финске;
- NASA;
- Ford Motor Company;
- Boeing;
- Lockheed Martin Co;
- IBM;
- Xerox Corporation;
- America Online;
- Факултет организационих наука у Београду (у наставном плану и програму);
- Више пројеката, истраживања и доктората у Србији и свету;
- у преко: 500 светских компанија, 30 америчких федералних агенција и 100 светских универзитета у 60 држава.

Вишекритеријумска (вишецелићна) анализа и одлучивање и њене методе, као што је то АХП, постају све више незаобилазне у планирању, програмирању, буџетирању и извршењу, али и у оперативном планирању. Методолошки конзистентна и софтверски подржана, метода АХП константно привлачи пажњу савремених планера, менаџера, политичара, војних команданата и руководилаца, као и других до-

<sup>11</sup> <http://www.expertchoice.com/> (Пристапљено 20. 02. 2011. године).

носилаца одлука. Наука и даље истражује најефикасније видове њене примене, као што је то нпр. уравнотежени биланс резултата – Balance Scorecard и др. Савремено и будуће доношење одлука у сложеним организацијама као што је војна, а које је засновано само на интуитивном, унапред је осуђено на многе проблеме. Због тога, изналажење оптималних решења у доношењу војних одлука, применом метода вишекритеријумске анализе, несумњиво представља императив.

### *Литература*

1. Forman, E. and Selly, M. A.: *Decision by Objectives (How to convince others that you are right)*, <http://www.mdmg.wue.du/Forman/DBOp.df>, 2001.
2. Стратегијски менаџмент – специјалистички курс, EAR 2008. године; [http://www.serbia-business.com/serb/images/stories/pdfs/poslovanje\\_menadzment/Strategijski%20menadzmentp.pdf](http://www.serbia-business.com/serb/images/stories/pdfs/poslovanje_menadzment/Strategijski%20menadzmentp.pdf)
3. <http://geoinformaticss.uta.ct.h/sut/vichagan/introMCDA/3MCDA&MCDMp.pdf>
4. <http://www.expertchoice.com/>.
5. [http://www.booksites.net/download/coyle/student\\_files/AHP\\_Techniquep.pdf](http://www.booksites.net/download/coyle/student_files/AHP_Techniquep.pdf)
6. Правилник о ППБИ у Министарству одбране и Војсци Србије, *Службени војни лист*, бр. 9 од 20. 04. 2011. године.
7. Kirkwood, W. C.: College of Business, Arizona State University, *Strategic Decision Making (Multiobjective Decision Analysis with Spreadsheets)*, Brooks/Cole, Cengage Learning, Belmont, USA, 1997.
8. Ковач, М. и Стојковић, Д.: *Стратегијско планирање одбране*, ВИЗ, Београд, 2009.
9. Милић, Р., Милићевић, Г., Жупац Ж.: Субјективни приступ у одређивању критеријума, *Војнотехнички гласник*, број 2, април – јун 2012. године.
10. Тошев, Т., Д.: Вишекритеријумска анализа у процесу јавних набавки, *Војнотехнички гласник*, број 3, јул – септембар 2012. године.
11. Петровић, Д., Михаић, М. и др.: *Менаџмент и организација*, Универзитет у Београду, Факултет организационих наука, Београд 2011. године.
12. Андрејић, М.: Операциона истраживања у функцији подршке одлучивању у систему одбране, *Војнотехнички гласник*, број 3, јул – септембар 2009. године.