

**ПРИМЕНА АНАЛИТИЧКОГ ХИЈЕРАХИЈСКОГ ПРОЦЕСА У УПРАВЉАЊУ
ПРЕДЕЛИМА (СТУДИЈА СЛУЧАЈА ПАРК-ШУМЕ КОШУТЊАК)***

МИЛЕНА ЛАКИЋЕВИЋ¹, БОЈАН СРЂЕВИЋ²

¹Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Кнеза Вишеслава 1, 11000 Београд; Србија

²Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет,
Трг Доситеја Обрадовића 8, 21000 Нови Сад, Србија

Сажетак: Адекватно управљање је један од кључних елемената стратегије заштите природних предела. Парк-шуме са заштићеним и очуваним природним елементима представљају атрактивне еко-туристичке зоне града. Кошутњак је најпосећенија парк-шума у Београду која услед дуготрајног негативног утицаја човека има све више деградираних и девастираних целина. У циљу очувања природних вредности као и туристичког потенцијала овог популарног градског излетишта потребно је применити одговарајући начин управљања. За доношење одлуке о избору најбоље стратегије управљања парк-шумом Кошутњак примењен је аналитички хијерархијски процес (АХП) који је у светској пракси потврђен као квалитетан алат за подршку одлучивању. На основу добијених резултата предложено је обнављање природне вегетације, као и унапређење понуде рекреативних и туристичких садржаја, уз уважавање принципа одрживости.

Кључне речи: управљање пределама, парк-шуме, вишекритеријумско одлучивање, аналитички хијерархијски процес (АХП), Кошутњак.

Увод

Због мултифункционалне природе урбаних предела и различитих облика антропопресије на природне вредности, процес активне заштите и управљања природним добрима постаје све комплекснији. Међу заштићеним природним добрима Београда доминирају комплексне просторне целине шумско-мочварних и шумских екосистема (Ђурђић, С. и Смиљанић, С., 2007). За туризам су значајни предели са очуваним и заштићеним природним елементима (Топаловић, С., 2010), тако да су контрола и управљање природним ресурсима кључни делови стратегије њихове заштите (Мркша, М. и Милановић, М., 2007). Заштићени делови природе или простори који су планирани за стављање под одређени режим заштите, представљају потенцијалне еко-туристичке атракције са равномерним и уравнотеженим активностима у здравој природној средини (Нађ, И., 2008).

Парк-шуме представљају елемент градског пејзажа, налазе се у граду или у његовој непосредној близини и уређују се тако да више подсећају на парк, а мање на шуму (Анастасијевић, Н., 2007). Парк-шуме имају значајну улогу у проčiшћавању

* Рад представља резултат истраживања на пројекту основних истраживања (ОИ 174003) *Теорија и примена Аналитичког хијерархијског процеса (АХП) у условима ризика и неизвесности (индивидуални и групни контекст)* који финансира Министарство за просвету и науку Републике Србије (2011-2014).

ваздуха, ублажавању буке и побољшавању топлотног режима околних насеља, а осим тога располажу и великим туристичко-рекреативним потенцијалом (Алексић, П. и Јанчић, Г., 2009). Спречавају појаву ерозије земљишта и доприносе очувању дендролошког фонда у урбаним зонама. Значајне су за ревитализацију градске средине и побољшање естетских норматива (Љешевић, М., 2003).

Кошутњак је најпосећенија парк-шума у Београду. Заузима површину од 330 хектара У њему се налазе вредни културно-историјски споменици, бројни угоститељски и спортско-рекреативни објекти, као и заштићено природно добро – општи природни резерват (заједница храста лужњака и граба) у близини Топчидерске чесме.

Дуготрајни деструктивни утицај човека (бесправна сеча, несавесно понашање посетилаца и сл.) утицао је да се природне вредности Кошутњака наруше. У шумском комплексу све је присутније ширење инвазивних дрвенастих врста (*Amorpha fruticosa*, *Tilia platyphyllos*, *Carpinus betulus*, итд.), уз истовремено одсуство подмлађивања еколошки значајних врста (*Quercus robur*, *Quercus cerris*, итд.), што доводи до смањења биодиверзитета. Осим тога, константовано је и лоше здравствено стање дрвећа у појединим деловима парк-шуме, као и постојање деградираних, чак девастираних зона (Вукин, М., 2008). На територији Београда има готово троструко мање шума него што би требало (Живадиновић, В. и Исајев, Д., 2006), тако да о њиховом очувању треба пажљиво бринути. Природни фактори су примарни код сваког планирања и пројектовања, јер се не могу мењати (Љешевић, М. и Милановић, М., 2009) и њиховој анализи се посвећује посебна пажња.

Овај рад даје један пример могућег приступа у анализи и оцени могућих начина управљања Кошутњаком као важним излетиштем Београда. Контекст је вишекритеријумска анализа, а предложен је експлицитни поступак одлучивања о четири могућа управљачка плана да би се ово природно добро заштитило од пропадања.

Метод рада

За одабир оптималног начина управљања парк-шумом Кошутњак користиће се аналитички хијерархијски процес (АХП) (Saaty, T.L., 1980) који је у светској науци и пракси потврђен као квалитетан алат за подршку одлучивању и често се користи за решавање различитих проблема у управљању шумским екосистемима и природним ресурсима (Kangas, J., 1993; Kangas, J. и др, 1993; Срђевић, Б. и др., 2001).

АХП захтева добро структуриран проблем који се приказује као хијерархија (Srdjevic, B. и др., 2004) у којој се циљ налази на врху, док су критеријуми, подкритеријуми и алтернативе на нивоима и поднивоима у смеру према доле. Процес доношења одлуке подразумева вредновање критеријума, подкритеријума и алтернатива у паровима, у односу на надређене елементе у хијерархији. Коришћењем Сатијевог скале (Saaty, T.L., 1980), приказане у Табели 1, врше се поређења елемената (критеријума у односу на циљ, подкритеријума у односу на критеријуме и алтернатива у односу на подкритеријуме). Стандардна верзија АХП на свим нивоима хијерахије проверава конзистентност вредновања а израчунава и укупну конзистентност доносиоца одлука на комплетној хијерархији.

Поређења елемената у датом нивоу хијерархије за дати елемент у вишем нивоу врше се тако да се попуњава горњи троугао квадратне матрице $A(a_{ij})$ са нумеричким вредностима из десне колоне Табеле, а затим се у доњи троугао, симетрично у односу на главну дијагоналу, аутоматски смештају њима реципрочне вредности; на главној дијагонали су јединице. Из дате матрице се екстрахује векор тежинских коефицијената (w) поређених елемената; поступак је идентичан на свим нивоима хијерархије а матрице и припадајући вектори се третирају као локални. На крају се

врши синтеза свих локалних вектора тежина и одређује се коначни вектор приоритета (релативног значаја) алтернатива на најнижем нивоу хијерархије у односу на циљ на највишем нивоу хијерархије.

Табела 1. Сатијева скала

Дефиниција	Сатијева скала
Исти значај	1
Слаба доминатност	3
Јака доминатност	5
Врло јака доминатност	7
Апсолутна доминатност	9
Међувредности	2,4,6,8

Вектори тежинских коефицијената могу се одредити неким од познатих матричних и оптимизационих метода приоритизације (Srdjevic, B., 2005; Срђевић, Б. и др., 2009). У овом раду коришћен је један од најпопуларнијих метода: логаритамски најмањи квадрати (LLS – Logarithmic least squares) (Saaty, T.L., 1990).

Логаритамски метод најмањих квадрата (LLS) је оптимизациони метод јер се решава проблем:

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j>i}^n [\ln a_{ij} - (\ln w_i - \ln w_j)]^2 \quad (1)$$

$$\text{уз ограничење: } \prod_{i=1}^n w_i = 1, \quad w_i > 0, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

Показано је (Crawford, G. и Williams, C., 1985) да је решење (1)-(2) јединствено и да се одређује једноставним рачунањем геометријских средина врста матрице A :

$$w_i = \prod_{j=1}^n a_{ij}^{1/n}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

Моделирање проблема одлучивања

Хијерархија проблема је приказана на слици 1 са елементима одлучивања на четири нивоа.

Циљ: Избор оптималног начина управљања парк-шумом Кошутњак.

Критеријуми:

K_1 – Очување биодиверзитета и екосистема;

K_2 – Развој рекреативног, културно-историјског и еко-туризма;

K_3 – Унапређење микроклиматских услова.



Слика 1. Хијерархија проблема

Подкритеријуми:

Први критеријум (очување биодиверзитета и екосистема), обухвата два подкритеријума: P_1 – одржавање или повећање специјске разноврсности, односно броја билих и животињских врста; P_2 – побољшање здравственог стања шума.

Други критеријум (развој рекреативног, културно-историјског и еко-туризма), подразумева следећа три подкритеријума: P_3 – одржавање и унапређивање мреже спортских и рекреативних садржаја; P_4 – заштита културних добара; P_5 – планирање и уређење пешачких стаза, видиковаца и сл.

Трећи критеријум (унапређење микроклиматских услова), састоји се од два подкритеријума: P_6 – побољшање квалитета ваздуха; P_7 – ублажавање температурних екстрема, односно "ефекта топлотног острва града".

Дакле, на трећем нивоу хијерархије налази се $2+3+2=7$ подкритеријума.

Алтернативе:

План 1 (A_1): Задржавање постојећег начина управљања, без икаквих измена. Препуштање фитоценоза, већ присутној, регресивној сукцесији. Задржавање постојеће туристичке и рекреативне намене простора.

План 2 (A_2): Циљ овог начина управљања је заштита природе. Предвиђено је враћање парк-шуме у стање блиско природном, поновним увођењем аутохтоних врста чији је опстанак у овом подручју угрожен и уклањање болесних стабала и корова са деградираних површина. Ограничава се коришћење ове површине за туризам и рекреацију.

План 3 (A_3): Управљање које има за циљ постизање компромиса између заштите природе и туризма. Уклањање дрвећа са најизраженије деградираних површина, спровођење фитопатолошких мера заштите шума и мера борбе против корова. Већи део простора добијен уклањањем дрвећа користи се за обнављање природне вегетације и пошумљавање, а остатак за уређивање мреже спортских и објеката културе. Подручје са обновљеном вегетацијом има ограничено коришћење, а остатак је без посебног режима заштите.

План 4 (A_4): Начин управљања који подразумева максимално коришћење шумске зоне у сврхе туризма, лечење болесних стабала, уклањање коровских врста и крчење деградираних површина. На тај начин су повећане естетске вредности простора и добијене површине за изградњу нових спортских и/или туристичких објеката, за планирање нових шетних, бицикличких стаза и видиковаца.

Процес доношења одлуке и резултати

Први корак у доношењу одлуке је поређење критеријума у односу на постављени циљ (избор оптмалног начина управљања). Матрица поређења критеријума приказана је на слици 2.

Критеријум	K_1	K_2	K_3
K_1		1/5	1/4
K_2			1
K_3			

Слика 2. Матрица поређења критеријума

Коришћењем логаритамског метода најмањих квадрата израчунати су тежински коефицијенти критеријума којима се дефинише њихова појединачна релативна вредност у односу на циљ (Табела 2).

Табела 2. Вектори тежина критеријума

Критеријуми	Вектори тежина и рангови	
	w_i	Ранг
K_1	0,100	3
K_2	0,466	1
K_3	0,433	2

Други корак је поређење подкритеријума у односу на одговарајуће критеријуме (Слика 3) и одређивање њихових тежина, помоћу LLS метода као и у претходном случају (Табела 3).

K_1 – Биодиверзитет			K_2 – Туризам			K_3 – Микроклима			
	Π_1	Π_2		Π_3	Π_4	Π_5		Π_6	Π_7
Π_1		1/3	Π_3		2	6	Π_6		2
Π_2			Π_4			5	Π_7		
			Π_5						

Слика 3. Матрице поређења подкритеријума у односу на критеријуме

Табела 3. Вектори тежина подкритеријума

Подкритеријуми	Вектори тежина и рангови	
	w_i	Ранг
Π_1	0,250	2
Π_2	0,750	1
Π_3	0,577	1
Π_4	0,342	2
Π_5	0,081	3
Π_6	0,667	1
Π_7	0,333	2

У трећем кораку планови 1-4 се вреднују у односу на седам селектованих подкритеријума (Слика 4), а израчунати вектори тежина приказани су у Табели 4.

Π_1 – Број врста					Π_2 – Здравствено стање					Π_3 – Спортски објекти				
	A_1	A_2	A_3	A_4		A_1	A_2	A_3	A_4		A_1	A_2	A_3	A_4
A_1		1/5	1/4	5	A_1		1/7	1/7	2	A_1		5	1/3	1/7
A_2			2	8	A_2			2	5	A_2			1/8	1/9
A_3				7	A_3				5	A_3				1/2
A_4					A_4					A_4				

Π_4 – Културна добра					Π_5 – Стазе, видиковци					Π_6 – Ваздух				
	A_1	A_2	A_3	A_4		A_1	A_2	A_3	A_4		A_1	A_2	A_3	A_4
A_1		4	1/5	1/5	A_1		4	1/5	1/7	A_1		1/5	1/5	5
A_2			1/7	1/7	A_2			1/7	1/9	A_2			1	8
A_3				1/2	A_3				1/2	A_3				8
A_4					A_4					A_4				

Π_7 – Температура				
	A_1	A_2	A_3	A_4
A_1		1/5	1/5	3
A_2			2	7
A_3				7
A_4				

Слика 4. Матрице поређења алтернатива у односу на подкритеријуме

Табела 4. Вектори тежина алтернатива у односу на подкритеријуме

Алтернативе	Вектори тежина алтернатива						
	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₅	П ₆	П ₇
A ₁	0,120	0,078	0,114	0,108	0,093	0,113	0,101
A ₂	0,509	0,502	0,037	0,046	0,040	0,424	0,498
A ₃	0,329	0,355	0,303	0,350	0,328	0,424	0,352
A ₄	0,042	0,065	0,546	0,496	0,538	0,040	0,049

Синтеза свих локалних вектора тежина даје коначне тежинске коефицијенте алтернатива у односу на постављени циљ (Табела 5).

Табела 5. Коначни вектори тежина алтернатива у односу на циљ

Алтернативе	Вектори коначних тежина алтернатива и рангови	
	w _i	Ранг
A ₁	0,107	4
A ₂	0,263	3
A ₃	0,358	1
A ₄	0,271	2

На основу добијених вредности закључује се да је најбоља алтернатива **План 3**, а да је укупно рангирање: План 3>План 4>План 2>План 1. Одлука је да би, са циљем избора најбољег начина управљања парк-шумом Кошутњак, требало применити као стратегију план који подразумева уклањање дрвећа са најизраженије деградираних површина, спровођење фитопатолошких мера заштите шума и мера борбе против корова. Већи део простора добијен уклањањем дрвећа користио би се за обнављање природне вегетације и пошумљавање, а остатак за уређивање спортских терена на отвореном. Подручје са обновљеном вегетацијом имало би ограничено коришћење, а остатак би био без посебног режима заштите.

Закључак

У раду је приказано коришћење аналитичког хијерархијског процеса (АХП) за потребе планирања и управљања пределима (студија случаја парк-шума Кошутњак). Проблем је постављен као хијерахија у четири нивоа, на чијем се врху налази циљ – избор оптималног начина управљања парк-шумом Кошутњак. На другом нивоу хијерахије налазе се три критеријума (биодиверзитет, туризам и микроклима), на трећем седам подкритеријума (број врста; здравствено стање шума; спортски објекти; културна добра; стазе, видиковци и сл.; ваздух и температура), а на последњем нивоу су четири алтернативна плана управљања. За одређивање тежинских коефицијената критеријума, подкритеријума и планова коришћен је логаритамски метод најмањих квадрата. Вредновање планова је идентификовало као најбољи План 3 по коме у основи треба обновити природну вегетацију у деградираним деловима шуме и унапредити понуде спортско-рекреативних садржаја у здравој животној средини.

Овакав начин управљања обезбедио би обнављање деградираних делова шумског комплекса у Кошутњаку, уз истовремено задржавање његове доминантне туристичке функције.

Литература

- Алексић, П. и Јанчић, Г. (2009). Заштићена природна добра у јавном предузећу 'Србијашуме'. *Шумарство*, 61(1-2), 109-125.
- Анастасијевић, Н. (2007). Подизање и неговање зелених површина. *Шумарски факултет*, Београд, 241-244.
- Вукин, М. (2008). State and perspective of the protection of general nature reserve of common oak and hornbeam in Košutnjak forest. *Шумарство*, 60(1-2), 53-65.
- Ђурђић, С. и Смиљанић, С. (2007). Могућност просторно-функционалне коегзистенције заштићених природних добара у урбаним пределима – пример Београда. *Гласник Српског географског друштва*, 87(1), 185-192.
- Живадиновић, В. и Исајев, Д. (2006). Проблеми газдовања шумама на подручју Београда. *Шумарство*, 58(3), 185-196.
- Kangas, J. (1993). A multi – attribute preferences model for evaluating the reforestation chain alternatives of a forest stand. *Forest Ecology and Management*, 59, 271-288.
- Kangas, J., Laasonen, L., Pukkala, T. (1993). A Method for Estimating Forest Landowner's Landscape Preferences. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 8, 408-417.
- Љешевић, М. и Милановић, М. (2009). Вредновање природних фактора у урбаном планирању и програмима развоја локалних заједница. *Гласник Српског географског друштва*, 89(3), 51-58.
- Љешевић, М. А. (2003). Урбоеколошки аспекти планирања градског предела. *Зборник радова ПМФ – Географски институт, Београд*, (51), 23-38.
- Мркша, М. и Милановић, М. (2007). Анализа елемената животне средине специјалног резервата природе Стари Бегеј – Царска бара и мере заштите. *Гласник Српског географског друштва*, 87(2), 241-245.
- Нађ, И. (2008). Оцена могућности развоја одрживог туризма и рекреације у подручју Чурушке Мртве Тисе. *Гласник Српског географског друштва*, 88(4), 81-90.
- Saaty, T.L. (1990). Eigenvector and logarithmic least squares. *European Journal of Operational Research*, 48, 156-60.
- Saaty, T.L. (1980). *The Analytical Hierarchy Process*. McGraw Hill, New York.
- Crawford, G, Williams, C. (1985). A note on the analysis of subjective judgement matrices. *Journal of Mathematical Psychology*, 29, 387-405.
- Срђевић Б., Сувоچارев К., Срђевић З. (2009). Аналитички хијерархијски процес: Индивидуална и групна конзистентност доносилаца одлука, *Водоприрода*, 41(1-3), 13-21.
- Srdjevic, B. (2005). Combining different prioritization methods in the analytic hierarchy process synthesis. *Computers & Operations Research*, 32, 1897-1919.
- Srdjević, B., Srdjević, Z. i Kolarov, V. (2004). Group Evaluation of Walnut Cultivars as a Multicriterion Decision-Making Process. U *Proceedings of the 2004 CIGR International Conference*, Beijing, China.
- Срђевић, Б., Јандрић, З., Радоњић, Ј. и Радосављевић, Н. (2001). Стратешко управљање шумама у новом миленијуму. *Шумарство*, 54(3-4); 57-68.
- Топаловић, С. (2010). Постојећи квалитет животне средине и могућности развоја одрживог туризма у специјалном резервату природе 'Људашко језеро'. *Гласник Српског географског друштва*, 90(2), 189-207.

APPLICATION OF ANALYTIC HIERARCHY PROCESS IN LANDSCAPE MANAGEMENT (CASE STUDY AREA: KOŠUTNJAK PARK-FOREST)*

MILENA LAKIĆEVIĆ¹, BOJAN SRĐEVIĆ²

¹*University of Belgrade, Faculty of Forestry, Kneza Višeslava 1, 11000 Belgrade;*

²*University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad, Serbia*

Abstract: Proper management is one of key elements of the natural landscape protection strategy. Park-forests with protected and conserved natural elements represent attractive eco-tourism urban zones. Košutnjak is the most visited park-forest in Serbian capitol Belgrade, unfortunately with increasing number of degraded and devastated areas as a consequence of negative human impacts in the past. In order to conserve natural values in this popular forested city area, and to improve its tourism potential, we found that in achieving that goal, it is meaningful to assess possible management practices and identify the most desired one by applying the analytic hierarchy process (AHP), scientifically sound multi-criteria decision making tool. Based on the obtained results, a recommended strategy is to renovate natural vegetation and to promote recreational and tourism offer in Košutnjak with respect of the sustainability principle.

Key words: landscape management, park-forest, Košutnjak., multi-criteria decision making, analytic hierarchy process (AHP).

Introduction

Due to multifunctional nature of urban landscapes, as well as different forms of anthrop-pressure on the natural assets, their active protection and management is a demanding task. Complex spatial areas of forest and forest-wetland ecosystems prevail among the protected natural assets in Belgrade (Đurđić, S. and Smiljanić, S. 2007). Areas with preserved and protected natural elements are important for tourism (Topalović, S., 2010), therefore natural resources control and management are the key elements in their protection strategy (Mrkša, M. and Milanović, M., 2007). Preserved parts of the nature or areas that are intended to be protected, represent potential eco-tourism attractions in the healthy environment (Nađ, I., 2008).

Park-forests are important parts of any city landscape. Situated in the city or in its close neighborhood, they are commonly designed to appear more as a park, and less as a forest (Anastasijević, N., 2007). Park-forests have important role in improving air quality, reducing the city noises, and in the temperature regulation in surrounding settlements. Also, most often they have a great recreational and tourism potential (Aleksić, P. and Jančić, G., 2009). They prevent erosion and contribute to the preservation of dendrological fund in cities. Natural landscapes are important for revitalization of urban environment and improvement of aesthetic standards (Lješević, M., 2003).

Košutnjak is the most visited park-forest in Belgrade that occupies an area of 330 hectares. There are important natural spots and historical monuments in it, numerous restaurants and hotels, sports and recreational facilities, as well as the protected natural asset such as general nature reserve of common oak and hornbeam, near the Topčider fountain.

* This paper presents a part of research results of the project OI 174003: *Theory and application of analytic hierarchy process (AHP) in multi-criteria decision making under conditions of risk and uncertainty (individual and group context)*, financed by the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia (2011-2014).

Long-term destructive human impact (illegal tree cut, negligent behavior of visitors, etc.) has led to the disturbances of the natural values in Košutnjak. In forest complex, one can notice an intense spread of invasive wood species (*Amorpha fruticosa*, *Tilia platyphyllos*, *Carpinus betulus*, etc.), without rejuvenation of ecologically valuable species (*Quercus robur*, *Quercus cerris*, etc.) and consequently the biodiversity loss. In addition, it is noted a bad health condition of trees in some areas of park-forest and also the presence of degraded, even devastated zones (Vukin, M., 2008).

As it is argued by experts (e.g. Živadinović, V. and Isajev, D., 2006) there are three times less forest areas in Belgrade than it is recommended, and therefore it is urgent to take a good care of forests and other cultivated landscapes. The nature factors are base to land planning and projecting and they cannot be changed (Lješević, M. and Milanović, M., 2009), therefore they have to be analysed very carefully.

This paper gives an example of an approach in evaluation of possible management policies for Košutnjak park-forest and presents a decision making context based on multi-criteria analysis. In order to protect this natural asset from degradation, we present the results of evaluation of four management plans against three criteria (with seven sub criteria) and briefly describe all steps of implemented decision making procedure based on AHP-individual decision making model.

The analytic hierarchy process (AHP) in brief

Analytic Hierarchy process (AHP) (Saaty, T.L., 1980) is used for the selection of the optimal management plan for the park-forest Košutnjak. AHP is recognized from the scientific community worldwide as a trustful decision making tool with numerous applications in almost all areas of planning and management. It is frequently used for solving different problems in forest ecosystem and natural resources management (Kangas, J., 1993; Kangas, J. et al., 1993; Srđević, B. et al., 2001).

AHP requires well-structured problem, represented as the hierarchy (Srđević, B. et al., 2004). At its top is a goal; lower levels in downward direction contain criteria and sub-criteria, while the alternatives lie at the bottom level. Decision making process involves evaluation of criteria, sub criteria and alternatives in pair wise manner, always with respect to superior elements in the hierarchy. Comparisons of all elements in the hierarchy (criteria with respect to a goal, sub criteria with respect to criteria, and alternatives with respect to sub criteria) are made by using appropriate ratio scale fundamental ratio scale. Although there exist several well-known scales, the one given in Table 1, known as the Saaty's scale (Saaty, T.L., 1980) is most commonly used and referenced as fundamental ratio scale.

Standard AHP evaluates consistency at all levels of the hierarchy and computes overall consistency ratio for the whole hierarchy, unlike any other multi-criteria decision-making method.

Comparisons of elements in certain level of a hierarchy for certain element in higher level are made by filling the upper triangle of matrix $A(a_{ij})$ with numeric values given in the right column of Table 1 that correspond to linguistic judgments of the decision maker given in the left column. The reciprocals of values from the upper triangle are inserted into the lower triangle, symmetrically with respect to the main diagonal. Values 1 are posted on the main diagonal. From comparison matrix A the vectors of weights (w) of compared elements (with respect to superior element in a hierarchy) is extracted by so-called prioritization method. The procedure is identical in all nodes of a hierarchy, and matrices and belonging vectors are treated as local. At the end, synthesis consists of obtaining the overall weight (relative importance) vector of alternatives on the lowest level with respect to a goal on the highest level of hierarchy.

Table 1. Saaty's Importance Scale

Definition	Assigned value
Equally important	1
Weak importance	3
Strong importance	5
Demonstrated importance	7
Absolute importance	9
Intermediate values	2,4,6,8

There are several prioritization methods for calculating local vectors of weights (Srdjevic, B., 2005; Srđević, B. et al., 2009).

In this paper, a logarithmic least squares method (LLS) (Saaty, T.L., 1990) is used as one of the most popular in the subject area. It solves the following optimization problem:

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j>i}^n [\ln a_{ij} - (\ln w_i - \ln w_j)]^2 \quad (1)$$

$$\text{subject to, } \prod_{i=1}^n w_i = 1 \quad w_i > 0, i = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

It is shown (Crawford, G. and Williams, C., 1985) that the solution for problem (1)-(2) is unique and can be found simply as the geometric means of the rows of matrix A :

$$w_i = \prod_{j=1}^n a_{ij}^{1/n}, i = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

Decision problem modelling

The hierarchy of a problem with decision elements on four levels is shown in Fig. 1.

Goal: Selection of optimal management plan for park-forest Košutnjak.

Criteria:

C_1 – Biodiversity conservation and forest ecosystems protection;

C_2 – Development of recreational, educational, historical and eco-tourism facilities;

C_3 – Improvement of microclimate conditions.

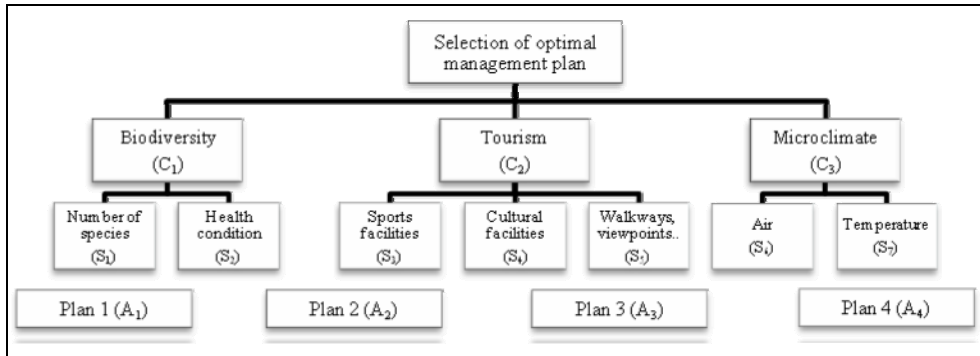


Fig. 1. Hierarchy of the problem

The first criterion (biodiversity conservation and forest ecosystems protection) includes two sub criteria: S_1 – maintenance or promoting diversity of species; that is, the number of plant and animal species; S_2 – improvement of forest health conditions.

The second criterion (development of recreational, educational, historical and eco-tourism facilities) includes three sub criteria: S_3 – maintenance and development of sport and recreational facilities network; S_4 – protection of cultural heritage; S_5 – planning of walkways, viewpoints, etc.

The third criterion (improvement of microclimate conditions) consists of two sub criteria: S_6 – air quality improvement; and S_7 – regulation of temperature extremes in urban zones, that is mitigation of ‘urban heat-island effect’.

There are in total $2+3+2=7$ sub criteria at the third level of hierarchy.

Alternatives:

Plan 1: Keeping the present management plan without any changes. Plant communities will be spontaneously changed in the regressive succession direction. Tourism and recreation purpose of this area remains the same.

Plan 2: The main objective of this management plan is nature protection. Recommend is re- naturalization by re-introducing autochthonous species whose survival is endangered, and removing invasive plants and sick trees from degraded areas. Tourism and sport activities are restricted by this plan.

Plan 3: This management plan is a compromise between tourism and nature protection. It is recommended to remove sick and old trees from most degraded areas, to protect forest by applying phytopatological measures, and to fight against the weeds. The main part of the cleared space should be used for rejuvenation of native vegetation, and the rest for planning sports and cultural facilities network. Area with renewed vegetation has limited use, and the rest part can be used without any constrains.

Plan 4: The goal of this management plan is to use forest complex primarily for tourism purposes. Landscape aesthetic values are improved by curing sick trees and removing weeds from degraded areas. There is more space for building a new cultural, sport and recreational facilities, new walkways, bikeways, viewpoints, etc.

Decision making process and results

The first step in decision making process is pair wise comparison of criteria with respect to the goal (selection of optimal management plan for park-forest Košutnjak). Comparison matrix for criteria with respect to a goal is shown in Fig. 2.

Criteria	C_1	C_2	C_3
C_1		1/5	1/4
C_2			1
C_3			

Fig. 2. Comparison matrix for criteria with respect to a goal

The local weight vector is computed by LLS method, and relative values of criteria with respect to a goal are given in Table 2.

Table 2. Weights of criterion with respect to goal

Criteria	Weights of criterion and rank	
	w_i	Rank
C_1	0,100	3
C_2	0,466	1
C_3	0,433	2

The second step is represented by pairwise comparisons of sub criteria with respect to criteria set (Fig. 3) and by computing their weights by LLS method as given in Table 3.

C ₁ – Biodiversity			C ₂ – Tourism			C ₃ – Microclimate			
	S ₁	S ₂		S ₃	S ₄	S ₅		S ₆	S ₇
S ₁		1/3	S ₃		2	6	S ₆		2
S ₂			S ₄			5	S ₇		
			S ₅						

Fig. 3. Comparison matrices for sub criteria with respect to respective criteria

Table 3. Weights of sub criteria with respect to criteria

Sub criteria	Weights of sub criteria and ranks	
	w _i	Rank
S ₁	0,250	2
S ₂	0,750	1
S ₃	0,577	1
S ₄	0,342	2
S ₅	0,081	3
S ₆	0,667	1
S ₇	0,333	2

In the third step, management plans A1-A4 are compared in pairwise manner with respect to seven sub criteria. All judgment matrices are given in Fig. 4 and computed (again by LLS method) local vectors are shown in Table 4.

S ₁ – Number of species					S ₂ – Health condition					S ₃ – Sports facilities				
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
A ₁		1/5	1/4	5	A ₁		1/7	1/7	2	A ₁		5	1/3	1/7
A ₂			2	8	A ₂			2	5	A ₂			1/8	1/9
A ₃				7	A ₃				5	A ₃				1/2
A ₄					A ₄					A ₄				
S ₄ – Cultural facilities					S ₅ – Walkways, viewpoints					S ₆ – Air				
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
A ₁		4	1/5	1/5	A ₁		4	1/5	1/7	A ₁		1/5	1/5	5
A ₂			1/7	1/7	A ₂			1/7	1/9	A ₂			1	8
A ₃				1/2	A ₃				1/2	A ₃				8
A ₄					A ₄					A ₄				
S ₇ – Temperature														
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄										
A ₁		1/5	1/5	3										
A ₂			2	7										
A ₃				7										
A ₄														

Fig. 4. Comparison matrices for alternatives with respect to sub criteria

Table 4. Weights of alternatives with respect to sub criteria

Alternatives	Weights of alternatives						
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇
A ₁	0,120	0,078	0,114	0,108	0,093	0,113	0,101
A ₂	0,509	0,502	0,037	0,046	0,040	0,424	0,498
A ₃	0,329	0,355	0,303	0,350	0,328	0,424	0,352
A ₄	0,042	0,065	0,546	0,496	0,538	0,040	0,049

Synthesis of all local weight vectors gives the overall weights of alternatives with respect to a goal (Table 5).

Table 5. Overall weights of alternatives with respect to goal

Alternatives	Overall weights and rank	
	w_i	Rank
Plan 1	0,107	4
Plan 2	0,263	3
Plan 3	0,358	1
Plan 4	0,271	2

Based on the obtained results, one can conclude that the best management alternative for the Košutnjak park-forest is the Plan 3, while rank of other plans is as follows Plan 4 > Plan 2 > Plan 1. In other words, the AHP method indicated that final decision should be to adopt Plan 3 as most desired management strategy. This strategy implies both a nature protection by renewal of native vegetation, and development of tourism offer by promoting sports and network of cultural facilities. Inherent to this plan is also to remove sick and old trees from most degraded areas, to protect forest by applying phytopathological measures and to fight against the weeds. The main part of the cleared space should be used for rejuvenation of native vegetation, and the rest of the area for planning sport activities and network of cultural facilities. Area with renewed vegetation should have limited use, while the remaining area could be used without any constrains.

Conclusions

This paper presents the application of analytic hierarchy process (AHP) in the landscape planning and management (case study area is the Košutnjak park-forest). The problem is stated as a multi-criteria decision making problem, structured as a four level hierarchy. On the top is a goal – selection of optimal management plan. Second level contains three criteria (biodiversity, tourism and microclimate). The third level contains seven sub criteria (number of species; forest health condition; sport facilities; cultural facilities; walkways, viewpoints, etc; air; and temperature). At the bottom level lie four alternative management plans. Logarithmic least squares method (LLS) is used for computing all local weight vectors and AHP synthesis is performed as standard additive weighting procedure. The Plan 3 is proposed as identified as the best one, that is optimal one in multi-criteria sense. It includes both native vegetation renewal in degraded areas and promoting tourism offer in healthy nature environment. That management plan combines re-naturalization of degraded areas in forest complex of Košutnjak and continued maintenance of its dominant tourism function.

References

See References on page 56.