

Интегрални приступ унапређењу ефикасности снабдијевања у прехранбеној индустрији: Комбинација АНР анализе за избор добављача и оптимизације слагања збирне и транспортне амбалаже

Раденка Ђекић^а, Горан Бошњак^а, Марко Голић^а

^а Агенција за безбједност саобраћаја Републике Српске, Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина

ПОДАЦИ О РАДУ

DOI: 10.31075/PIS.71.02.08

Стручни рад

Примљен: 28.05.2025.

Прихваћен: 29.06.2025.

Коресподент аутор:
goranbosnjak97@gmail.com

ORCID ID

Раденка Ђекић: N.A.

Горан Бошњак: N.A.

Марко Голић: N.A.

Кључне речи:

АНР метода

Амбалажа

Логистичка оптимизација

РЕЗИМЕ

Рад анализира утицај слагања збирне и транспортне амбалаже на ефикасност снабдијевања у прехранбеној индустрији. Истраживање се заснива на примјени АНР методе за избор добављача амбалаже и процјену критеријума као што су квалитет, цијена и поузданост. Примјеном софтвера Expert Choice извршено је парно поређење критеријума, док је уз САРЕ РАСК софтверу симулиран распоред паковања ради унапређења искоришћености транспортних капацитета. Резултати показују да оптимално слагање амбалаже смањује број палета и трошкове транспорта, те убрзава процес испоруке, што потврђује хипотезу о логистичкој ефикасности овог приступа. Такође, рад указује на важност интеграције квантитативних метода у логистичко планирање и доношење одлука.

1. Увод

Амбалажа има кључну улогу у логистичком систему јер представља не само средство заштите производа, већ и алат оптимизације кроз утицај на ефикасност складиштења, транспорта и руковања. Према Wells и сарадницима (2007), амбалажа омогућава издвајање производа на тржишту и повећава видљивост у продајном простору, али и смањује логистичке трошкове кроз адекватан дизајн и функционалност. У логистичкој пракси, посебан значај има слагање збирне и транспортне амбалаже које директно утиче на број палета, искоришћеност транспорта и вријеме испоруке.

Амбалажирање је један од најважнијих процеса у обради хране, због одржавања квалитета хране током складиштења, транспорта и на крају кориштења (Kelsey, 1985). Амбалажирање спречава пропадање квалитета хране и напитака услед утицаја околине (Restuccia и сарадници, 2010) и доприноси ефикасној дистрибуцији, продаји и протрошњи. Амбалажа је дизајнирана да садржи и штити храну, да даје потребне информације о храни и да олакша манипулисање храном од дистрибуције до стола потрошача.

Примарна функција је да обезбиједи чување и безбједну доставу производа до саме потрошње. Током дистрибуције квалитет хране може да опада биолошки, хемијски и физички. Амбалажирање продужава рок трајања и одржава квалитет и безбједност производа. Значајна споредна улога амбалаже је маркетинг. (Marsh и Bugusu, 2007).

Неадекватно слагање амбалаже доводи до повећања броја транспортних јединица, смањене искоришћености запреминских капацитета возила и складишта, као и продужења укупног времена неопходног за манипулацију и транспорт.

Последично, повећавају се трошкови логистичког процеса, што негативно утиче на конкурентност предузећа. Циљ овог рада је да се испита на који начин оптимално слагање збирне и транспортне амбалаже доприноси унапређењу ефикасности процеса снабдијевања, са аспекта трошкова и времена. Истраживање се спроводи на примјеру предузећа из прехранбене индустрије, гдје је слагање амбалаже идентификовано као један од критичних фактора логистичке ефикасности.

У анализи је примјењена АНР метода (Аналитички Хијерархијски Процес), која омогућава вишекритеријумску процјену избора добављача амбалаже и идентификацију оптималних решења у контексту логистичког планирања. Резултати добијени овом методом имају висок ниво релевантности за логистичку праксу, јер се заснивају на мјерљивим индикаторима и омогућавају системско доношење одлука у реалним условима. Истраживање је теоријски утемељено на раду аутора као што су Нап и сарадници (2005), који истичу да је дизајн амбалаже кључан за очување квалитета производа и ефикасност логистичког ланца, као и на примјенама АНР методе у доношењу одлука у логистици, према Saaty-ju (1980).

2. Методологија истраживања

Проблемско поље овог истраживања одређено је пројектним задатком који се односи на проналажење адекватне амбалаже узимајући у обзир цијену, утицај на квалитет садржаја производа и могућности оптимизације логистичких трошкова кроз боље искоришћење просторних капацитета. Савремена амбалажна индустрија, нарочито у области прехранбене производње, биљежи динамичан развој како у техничком, тако и у функционалном смислу. Стога се избор амбалаже мора темељити на стручном и аналитичком приступу, уз уважавање вишеструких критеријума. Основни истраживачки задатак формулисан је као идентификација практичног рјешења за избор амбалаже које директно утиче на крајњу цијену готовог производа, рок трајања и трошкове транспорта. Предмет истраживања обухвата одабир најповољније амбалаже и добављача, уз процјену њихових перформанси на основу више критеријума. АНР метода је коришћена као основни алат за структурирање и анализу одлуке, а примјена је извршена у сарадњи са прехранбеним предузећем из Дервенте.

У анализу су укључени сљедећи критеријуми: квалитет, рок испоруке, начин испоруке, начин плаћања, цијена, асортиман, количина и поузданост. Ови критеријуми су идентификовани као кључни на основу анализа унутрашњих процеса предузећа и захтјева тржишта. Три добављача амбалаже, који већ сарађују са посматраним предузећем, представљени су као алтернативе у моделу. Парна поређења критеријума и алтернатива извршена су уз помоћ софтвера Expert Choice, који омогућава квантификацију приоритета, визуализацију резултата и провјеру конзистентности уноса. Индекс конзистентности је праћен у складу са стандардом да не смије прелазити вредност 0.1. На основу добијених резултата идентификован је добављач са највећим укупним приоритетом, те су његове карактеристике узете као основ за даљу фазу анализе.

У наставку истраживања, извршена је симулација распореда слагања амбалаже у транспортне јединице уз помоћ специјализованог софтвера CAPE PACK. Софтвер омогућава израду више сценарија расподјеле производа на палете, анализу искоришћења запреминског простора, израчунавање броја палета потребних за испоруку и процјену трошкова транспорта. Анализирано је више варијанти слагања, а као релевантни параметри узети су број кутија по слоју, број слојева по палети, проценат искоришћења волумена и број камиона потребних за испоруку. Избор критеријума за АНР анализу извршен је у сарадњи са представницима набавке и технологије у посматраном предузећу из прехранбене индустрије. Иницирана је иницијална листа критеријума на основу прегледа релевантне литературе и претходних сличних истраживања, након чега је спроведена валидијација кроз стручни интервју са тимом унутар компаније.

У финалној фази идентификације критеријума учествовала су три експерта из предузећа — два технолошка инжењера и један стручњак из сектора логистике и набавке. Њихова просјечна радно-стручна искуства су износила преко 10 година у домену рада са амбалажом и логистичком подршком у прехранбеном сектору. Експерти су обавили парна поређења критеријума у АНР моделу, користећи софтвер Expert Choice. Сви уноси су прегледани ради провјере конзистентности ($CR < 0.1$) и валидности резултата. Оваквим приступом обезбијеђена је примјена АНР методе у складу са стварним потребама и приоритетима логистичког система у оквиру компаније, чиме се избјегава апстрактно моделирање и добијају се резултати високог нивоа релевантности. Методолошки приступ у овом раду омогућава повезивање фазе избора амбалаже са фазом оперативне логистичке имплементације. На тај начин, истраживање обједињује стратешки и тактички ниво управљања ланцем снабдијевања. Додатно, уважавају се и савремени захтјеви као што су заштита квалитета, могућност праћења пошиљки, очување здравствене безбједности и прихватање иновација у области паковања. Цјелокупан оквир усмјерен је на тестирање хипотезе да адекватно слагање збирне и транспортне амбалаже доприноси оптимизацији трошкова и времена у процесу снабдијевања.

3. Резултати истраживања

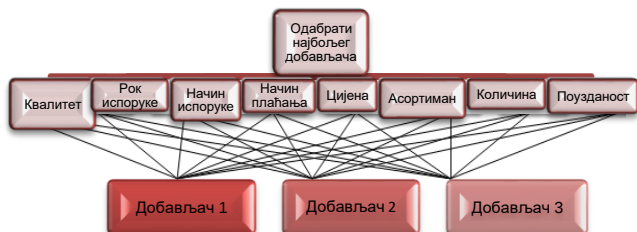
Истраживање је усмјерено на потврду хипотезе да адекватно слагање збирне и транспортне амбалаже може допринијети оптимизацији трошкова и вријеме у процесу снабдијевања. Резултати су представљени кроз двије повезане цјелине: избор добављача амбалаже уз примјену АНР методе и симулативна анализа слагања амбалаже коришћењем CAPE PACK софтвера.

3.1. ANP анализа избора добављача амбалаже

Аналитички хијерархијски процес (АНП), развијен од стране Saaty-ја (1980), представља једну од најпримјењиванијих метода за вишекритеријумско доношење одлука. Она омогућава да се сложене одлуке разложе на хијерархијску структуру са јасно дефинисаним циљем, критеријумима и алтернативама. Њена највећа снага лежи у томе што омогућава укључивање субјективних оцјена експерата на формалан и провјерљив начин, уз контролу конзистентности.

У области управљања ланцем снабдијевања, ANP метода је широко примјењивана за избор добављача. Истраживачи као што су Bhutta и Huq (2002) и Ghodspour и O'Brien (1998) наглашавају да ова метода омогућава синтезу и квалитативних и квантитативних критеријума као што су цијена, квалитет, поузданост, рок испоруке и финансијски услови. У раду Govindan et al. (2015) представљен је детаљан преглед мултикритеријумских метода за избор зелених добављача, гдје се ANP користи као самостална или хибридна метода (нпр. ANP-TOPSIS). У оквиру логистике прехранбене индустрије, примјена ANP приступа у избору амбалаже или партнера може да обезбједи објективност, транспарентност и поновљивост у доношењу одлука.

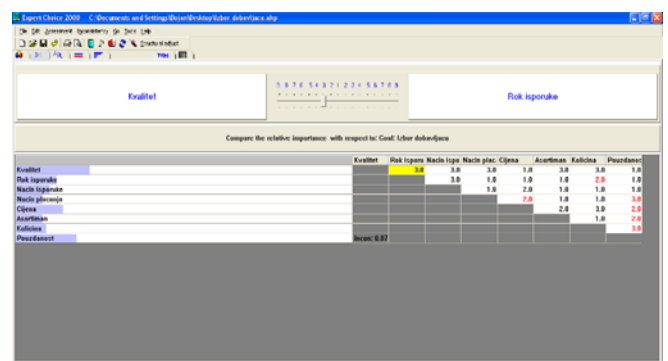
Кроз метод (АНП) формирана је структура одлуке која обухвата циљ на највишем нивоу (избор оптималног добављача), осам критеријума на другом нивоу (квалитет, рок испоруке, начин испоруке, начин плаћања, цијена, асортиман, количина, поузданост) и три алтернативе – три добављача амбалаже. Сваки од критеријума је евалуиран у односу на остале, при чему је примјењен поступак парног поређења који омогућава квантификацију субјективних оцјена. Примјена ANP методе омогућава да се субјективне процјене учине транспарентним и упоредивим, што је нарочито значајно у доношењу одлука са више утицајних фактора. Добијени приоритети критеријума представљају основу за објективно рангирање алтернатива и избор најповољнијег добављача.



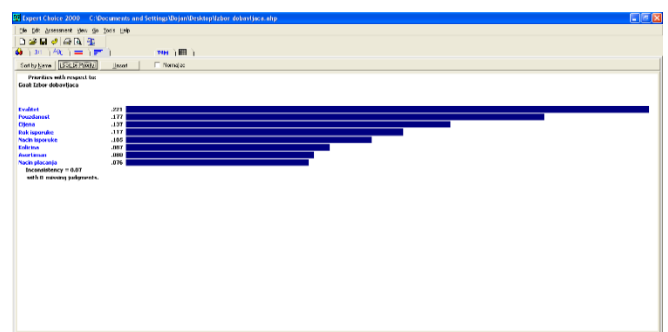
Слика 1. Дијаграм хијерархијске структуре избора добављача амбалаже

Након структурирања хијерархије и одређивања критеријума, следећи корак представља утврђивање релевантних тежина (приоритета) сваког критеријума. Суштина овог процеса је поређење у паровима, гдје се сви критеријуми једног класера пореде један са другим, два критеријума по поређењу. У циљу спровођења поређења парова кориштен је софтвер Expert Choice 2000 (са претходно дефинисаном хијерархијом на основу њиховог избора), гдје је извршен начин поређења (нумерички, вербално или графички).

Степен конзистентности се аутоматски обрачунава тако да у сваком тренутку се може имати увид уколико се прекорачи прихватљиви лимит од 0,10 (10%), у том случају неопходно је да се идентификује најнеконзистентнија процјену, одреди опсег вриједности у оквиру којег се та процјена може мјерити и потом изврши промјену на основу које ће степен конзистентности поново бити на прихватљивом нивоу.



Слика 2. Одређивање релативних тежина критеријума



Слика 3. Рангирање критеријума по приоритетима

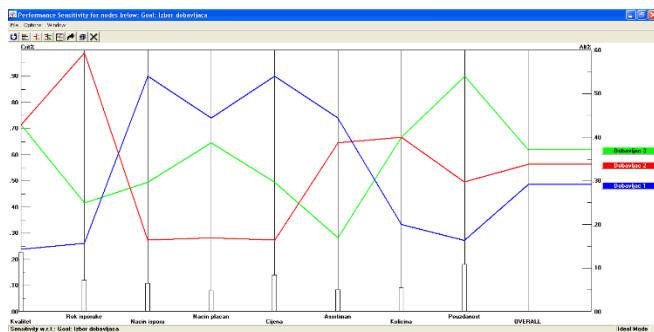
Добијени резултати представљају приоритете сектора набавке и добијени су у сарадњи са технологом и његовим тимом. Резултати приказују да је Квалитет (0,221) најважнији критеријум, потом слиједи Поузданост (0,177), па Цијена (0,137), док су међу најслабије оцијењеним критеријумима Асортиман (0,080) и Начин плаћања (0,076).

На основу парних поређења, утврђени су приоритети свих критеријума. Критеријум квалитет добио је највећу вриједност приоритета, затим слиједи поузданост и цијена. То указује на чињеницу да при доношењу одлуке није пресудна само економска компонента, већ и стабилност сарадње и техничке карактеристике амбалаже.

Табела 1. Приоритети критеријума према АНР анализи

Критеријум	Приоритет (Вриједност)
Квалитет	0,221
Поузданост	0,177
Цијена	0,137
Рок испоруке	0,126
Количина	0,105
Асортиман	0,093
Начин испоруке	0,080
Начин плаћања	0,061
Укупно	1,000

Након интегралне обраде оцјена, утврђено је да трећи добављач има највећи укупан приоритет. Резултати показују да ова алтернатива задовољава највећи број критеријума, чиме се постиже оптимални баланс између трошкова, квалитета и логистичке поузданости.

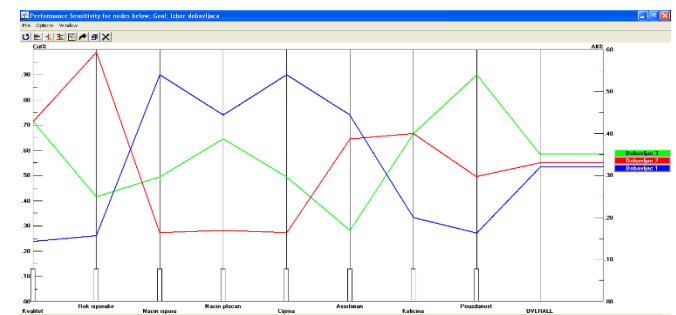
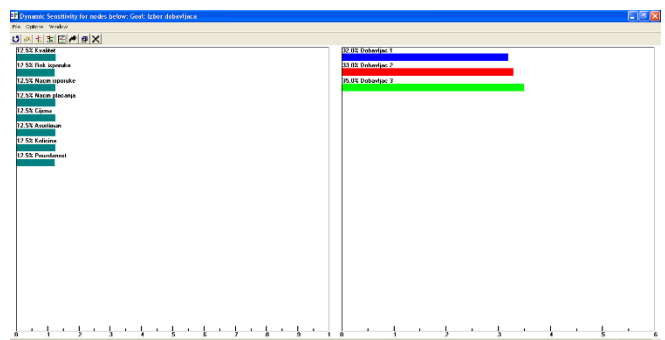
**Слика 4.** Рангирање добављача према укупном приоритету

Процјена конзистентности матрице показала је да је степен конзистентности (CR) у свим корацима био мањи од 0,10, што потврђује поузданост уноса и валидност резултата анализе.

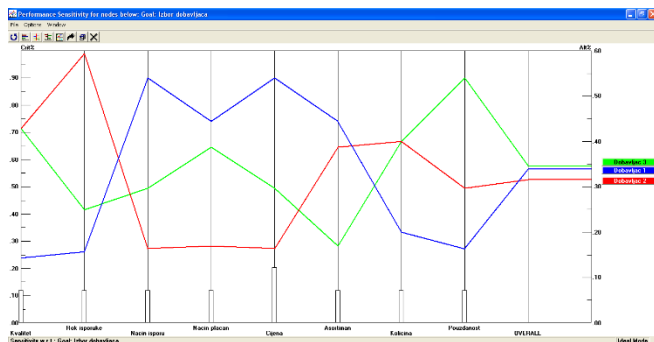
3.2. Анализа осјетљивости

Анализа осјетљивости се спроводи након дефинисања иницијалних одлука (са добијеним тежинама критеријума) да би се идентификовао утицај промјене у приоритетима критеријума на учинак добављача. Њен задатак је да прикаже реакцију постојећег рангирања алтернатива на примјене у релативним тежинама сваког примарног критеријума. Ово је важно због тога што доносилац одлуке може бити веома заинтересован да сагледа све посљедице услед варијација у тежинама критеријума. Одређени утицај је можда занемарен приликом рангирања, или блага примјена у тежини једног критеријума може довести до потпуно другачије одлуке. Свеобухватна анализа осјетљивости би осигурала кредибилитет комплетног система и елиминисала ризик избора неадекватног добављача због тога што одређена поређења у оквиру модела нису извршена прецизно. *Expert Choice* омогућава пет метода анализе осјетљивости: *Performance*, *Dynamic*, *Gradient*, *Head to Head* и *Two-Dimensional (2D Plot)*.

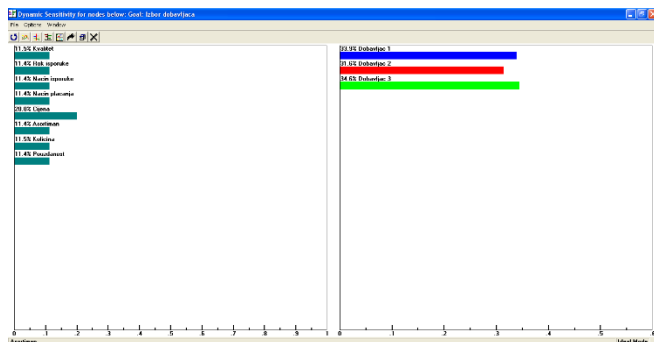
Можемо се спровести анализа осјетљивости у односу на циљ, у том случају се приказује осјетљивост алтернатива у односу на критеријуме првог нивоа, а можемо се спровести и анализа у односу на критеријуме. У том случају се испитује осјетљивост према критеријумима нижег нивоа (подкритеријума). Код *performance* анализе осјетљивости, доносилац одлуке има могућност да врши измјену тежина примарних критеријума и да посматра њихов утицај на укупно рангирање. На овај начин се могу анализирати бесконачне комбинације приоритета и дати одговоре на важна „шта-ако“ питања. *Dynamic* анализа осјетљивости се спроводи на сличан начин па ће се резултати ове анализе приказати упоредо са резултатима *performance* анализе. У овом случају, уколико се изједначе тежине свих критеријума, укупни приоритети добављача неће се значајније промјенити, Добављач 3 је и даље најбољи избор. Није дошло ни до промјена у рангу између Добављача 2 и Добављача 1.

**Слика 5.** Performance анализа осјетљивости за Примјер 1**Слика 6.** Dynamic анализа осјетљивости за Примјер 1

За разлику од изједначавања свих критеријума, овдје се жељело видјети каква би ситуација била уколико би Цијена била најважнији критеријум, односно критеријум са највећом тежином. Да би се то сазнало, треба повећати укупну тежину Цијене на 20%, док ће тежине осталих критеријума бити пропорционално умањене. Ни у овом случају неће доћи до значајнијих промјена, што значи да би Добављачу 3 и у овом случају био најбољи избор.

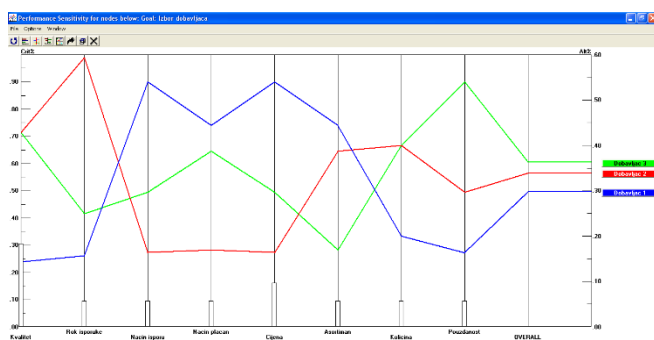


Слика 7. Performance анализа осјетљивости за Примјер 2

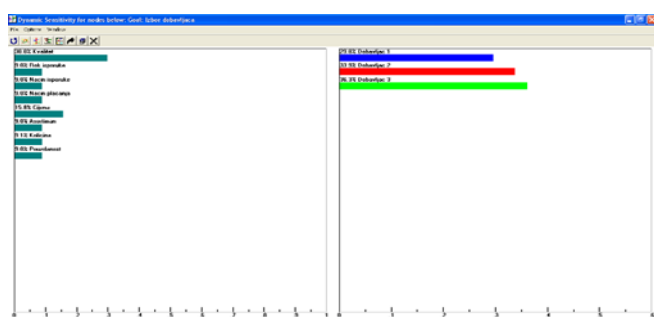


Слика 8. Dynamic анализа осјетљивости за Примјер 1

У случају када би Квалитет био постављен као најважнији фактор са релативном тежином од 30%, стање би, као и у претходним примјерима, било непромијењено.



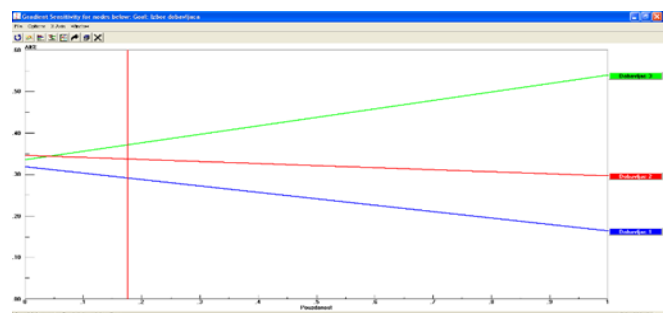
Слика 9. Performance анализа осјетљивости за Примјер 3



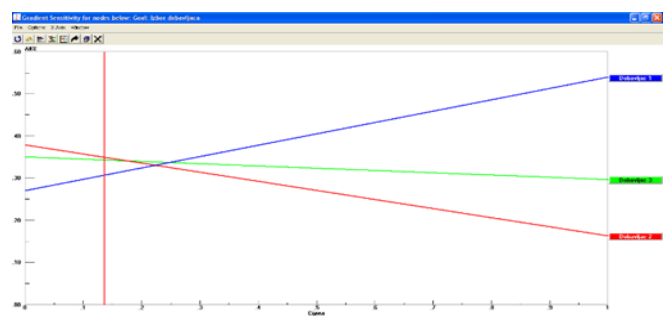
Слика 10. Dynamic анализа осјетљивости за Примјер 3

Код *gradient* анализе, у разматрање се узима један критеријум у датом моменту, односно сваки подкритеријум посебно (ако постоји). Тежина одређеног критеријума је приказана на X-оси, а укупни приоритети добављача на Y-оси.

Тежина критеријума је приказана вертикалном линијом, а приоритет добављача хоризонталном линијом. Сlike 11. и 12. показују да ли се приоритет добављача повећава или смањује са промјеном тежине датог критеријума. Повлачењем вертикалне испрекидане линије лијево или десно можемо испитати промјене у приоритетима алтернатива. Тачке гдје се линије алтернатива укрштају се називају „тачке уступања“ (tradeoff points) и приказују којој тежини критеријума ће доћи до промјене приоритета. Најважнија особина *gradient* анализе осјетљивости је идентификација тачке (момента) у којем се преокрет у рангирању догодио. Наредним сликама биће приказана *gradient* анализа осјетљивости за критеријум Поузданост и Цијена у односу на Циљ.

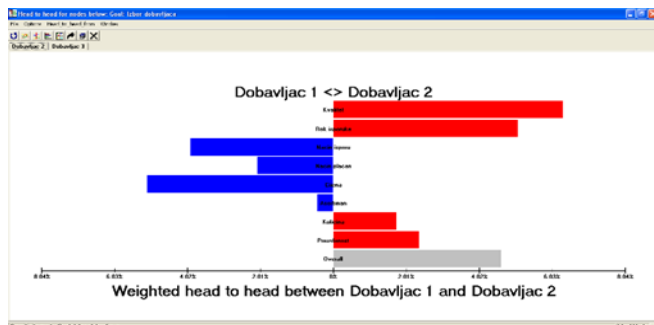


Слика 11. Gradient анализа осјетљивости – Поузданост



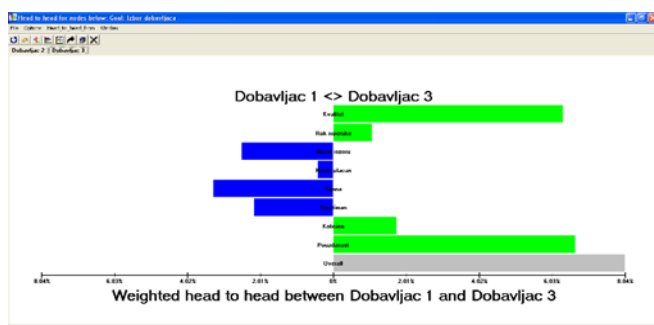
Слика 12. Gradient анализа осјетљивости – Цијена

У овом случају видљиво је да се Добављач 3 налази на другом мјесту и да његов укупан учинак опада са повећањем тежине критеријума што имплицира да уколико би се у обзир узео само критеријум Цијена и његов значај драстично повећао у односу на остале критеријуме, у том случају Добављач 3 не би био најбоље рангиран. *Head to head* анализа осјетљивости приказује разлику између двије алтернативе на основу критеријума. Приказано је какав је однос између алтернатива и која од њих је боља по питању одређеног критеријума.



Слика 13. Head to head анализа осјетљивости Добављача 1и 2

Примјетно је да је у оба случаја критеријум Цијена код Добављача 1 већи у односу на Добављача 2 и 3. Анализа осјетљивости показује веома јасно да је систем робусан и да мале, па чак и значајније промјене у тежини критеријума не утичу на укупно рангирање када је у питању позиција најбољег добављача, и стога потврђује да одређена неконзистентност у поређењу парова која је резултаovala благом разликом у тежини критеријума, није утицала на cjелокупни систем. Као резултат тога, можемо се рећи да је Добављач 3 најбољи добављач и да треба бити изабран са пуним повјерењем.



Слика 14. Head to head анализа осјетљивости Добављача 1и 3

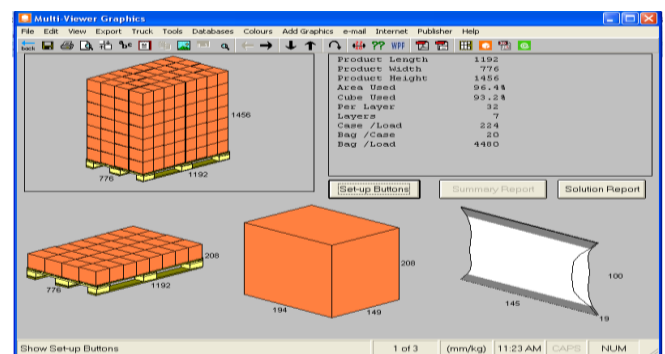
Ова хипотеза представља формалнији и систематичнији приступ проблему избора добављача него што је то случај у пракси. Он обухвата широк спектар критеријума, како квалитативних, тако и квантитативних, што је и главна предност ове методе. За разлику од других метода гдје значај критеријума одређује директно доносилац одлуке, овдје се приоритети или тежине утврђују систематично на основу једноставних поређења парова који представљају људску одлуку.

3.3. Симулативна анализа слагања амбалаже

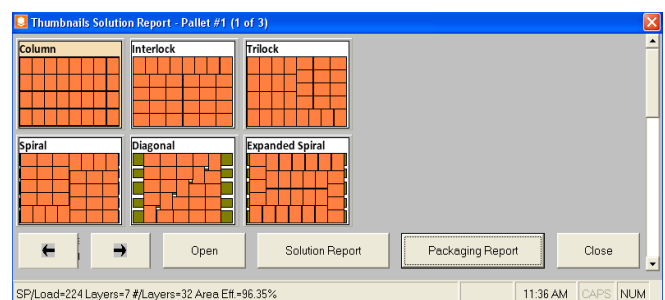
У симулацији слагања збирне и транспортне амбалаже, проблем се формално сврстава у класу 3D bin packing problems (3BP), који представља NP-тежак комбинаторни проблем. Циљ је пронаћи оптималан начин да се скуп објеката (нпр. кутија) распореди у ограничени простор (попут палете, контејнера или приколице), тако да се минимизира неискоришћени волумен или број потребних јединица.

Овај проблем има широку примјену у логистици, складиштењу и е-трговини, а рјешава се помоћу хеуристика, мета-хеуристика (попут генетских алгоритама или симулираног калења), као и специјализованих софтвера. Радови Wäscher et al. (2007) и Martello et al. (2000) представљају темељ за класификацију и развој алгоритама за 2D и 3D bin packing.

CAPE PACK је комерцијални алат који примјењује хеуристичке приступе за генерисање распореда слагања и омогућава брзу процјену логистичке ефикасности кроз параметре као што су број кутија по палети, број палета, искоришћеност волумена и број возила. Иако не користи експлицитну математичку формулацију 3D BPP, у основи функционише на истим принципима. Софтвер је изабран због своје практичне примјењивости и поузданости, као и због тога што је у сарадњи са посматраним предузећем већ кориштен у њиховој производној и логистичкој пракси, што је омогућило приступ реалним улазним подацима и додатно подигло релевантност резултата симулације. Симулација је спроведена у програмском пакету CAPE PACK са циљем проналаска оптималног распореда паковања на палети и у транспортном возилу. Разматрана су три сценарија, у којима су вариране димензије паковања и начин слагања. У почетној конфигурацији, на једну палету је било могуће смјестити 120 паковања, што је доводило до искоришћености простора од 87,5%. Након оптимизације, број паковања по палети повећан је на 224, а неискоришћеност простора смањена на 3,6%.



Слика 15. Размјештај амбалаже за 1. случај

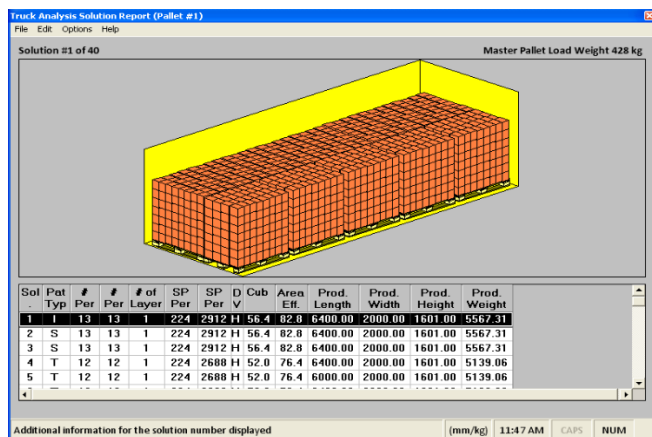


Слика 16. Начини слагања за 1. случај

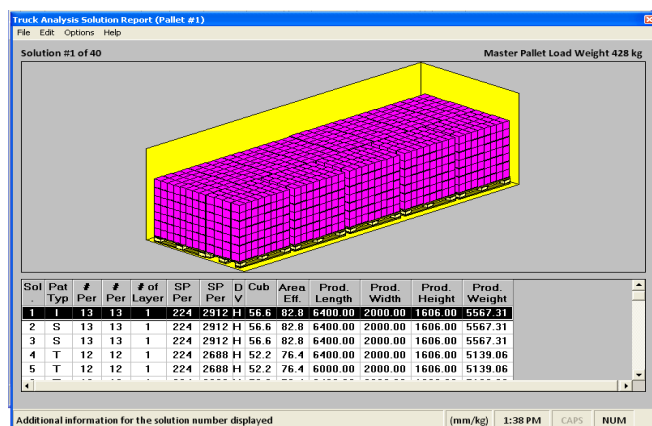
Табела 2. Резултати симулације за три сценарија

Критеријум	Рјешење 1	Рјешење 2	Рјешење 3
Искориштена површина палете, %	96,4	95,4	95,1
Искориштена волумен палете, %	93,5	89,3	89,0
Производа на палети, ком	4480	4160	4160
Искориштена површина камиона, %	82,8	82,8	82,8
Искориштен волумен камиона, %	56,6	54,7	54,7
Носивост палете, kg	428	399	399

Слиједио је и графички приказ распореда палета унутар транспортног возила, што је омогућило увид у конкретну уштеду у броју потребних испорука.



Слика 17. Распоред палета у камиону за 1. случај



Слика 18. Коначни распоред палета у камиону

Оваквим приступом директно се утиче на смањење броја транспортних циклуса, нижу потрошњу горива, краће вријеме испоруке и умањене логистичке трошкове. Приказани резултати симулације указују на значајан пораст броја паковања по палети (са 120 на 224), уз истовремено смањење неискоришћеног простора са 12,5% на 3,6%. Ова разлика је постигнута кроз оптимизацију распореда слагања, при чему је софтвер CAPE PACK користио различите сценарије постављања кутија (нпр. укрштене, шаховске, или паралелне оријентације), као и варијације у броју слојева и кутија по слоју.

Иако су димензије паковања унутар једног случаја биле једнаке, промјеном оријентације и редослиједа слагања, значајно је побољшано искоришћење волумена палете. То потврђује да оптимизација не зависи само од величине појединачне јединице, већ од комплетне конфигурације слагања. У практичном смислу, ова оптимизација омогућава значајно смањење броја потребних палета и транспорта, чиме се унапређује ефикасност логистике и смањују трошкови дистрибуције.

3.4. Повезаност резултата са хипотезом

Комбинацијом избора добављача путем вишекритеријумске анализе и оптимизације слагања збирне амбалаже, добијено је интегрално рјешење које директно смањује логистичке трошкове и вријеме неопходно за дистрибуцију. АНР анализа осигурала је да се избор добављача заснива на релевантним факторима, док је CAPE PACK симулација омогућила конкретне просторне и трошковне уштеде. Ови резултати у потпуности подржавају постављену хипотезу и указују на значај интегрисаног приступа у планирању процеса паковања и транспорта у оквиру ланца снабдијевања.

4. Закључак

Истраживање је имало за циљ да се испита утицај адекватног слагања збирне и транспортне амбалаже на трошкове и вријеме у процесу снабдијевања. Кроз примјену АНР за избор добављача и симулацију слагања паковања у програму CAPE PACK, добијени су резултати који потврђују полазну хипотезу. АНР анализа омогућила је структурирано доношење одлуке о избору оптималног добављача амбалаже, при чему су као најзначајнији критеријуми идентификовани квалитет, поузданост и цијена. Изабрани добављач је показао најбољи укупан учинак, што је створило предуслове за ефикасно руковање амбалажом у даљим фазама ланца снабдијевања. С друге стране, симулативна анализа слагања показала је да је могуће знатно повећати искоришћеност палетног и транспортног простора, број паковања на палети повећан је са 120 на 224, а неискоришћеност простора смањена је са 12,5% на 3,6%.

Ове промјене довеле су до смањења броја транспортних циклуса, а самим тим и до умањења укупних логистичких трошкова и времена испоруке. Комбиновањем вишекритеријумске селекције добављача и софтверске оптимизације слагања амбалаже, доказано је да адекватно управљање амбалажним системом представља значајну полуку унапређења ефикасности у логистичким процесима. Стога се потврђује хипотеза да правилно слагање збирне и транспортне амбалаже директно доприноси оптимизацији трошкова и времена у ланцу снабдијевања.

Иако резултати истраживања указују на значајне уштеде у случају стандардизованих паковања, важно је нагласити да примјена модела у случају нестандартне амбалаже може бити знатно сложенија. Нестандардни облици кутија, као што су неправилне димензије, флексибилни материјали или асиметрични пакети, отежавају симулацију и утичу на тачност прогнозе искоришћења волумена. У тим случајевима, CAPE PACK може имати ограничења, јер се базира на правоугаоним основама и предефинисаним шемама слагања. За паковања која не задовољавају ове услове, потребно је или коришћење напреднијих алата (нпр. 3D bin packing алата са нестандартном геометријом), или ручно подешавање параметара уз инжењерску процјену. Такође, у случају више врста производа у једној пошиљци (микс палете), алгоритми CAPE PACK-а могу понудити рјешења ограничене прецизности. Стога се примјена овог модела препоручује првенствено у случајевима једнотипних производа са стандардизованом збирном амбалажом, док за остале варијанте треба размотрити или алтернативне алате или развој прилагођених хеуристика.

Литература

- [1] Bhutta, K. S., & Huq, F. (2002). Supplier selection problem: A comparison of the total cost of ownership and analytic hierarchy process approaches. *Supply Chain Management: An International Journal*, 7(3), 126–135. <https://doi.org/10.1108/13598540210436567>
- [2] Ghodsypour, S. H., & O'Brien, C. (1998). A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming. *International Journal of Production Economics*, 56–57, 199–212. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(97\)00009-1](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(97)00009-1)
- [3] Govindan, K., Rajendran, S., Sarkis, J., & Murugesan, P. (2015). Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: a literature review. *Journal of Cleaner Production*, 98, 66–83. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.046>
- [4] Han, J. H., Ho, C. H. L., & Rodrigues, E. T. (2005). Intelligent packaging. In J. H. Han (Ed.), *Innovations in Food Packaging* (pp. 138–155). Elsevier.
- [5] Kelsey, R. J. (1985). *Food Packaging*. Westport: AVI Publishing Company.
- [6] Marsh, K., & Bugusu, B. (2007). Food packaging—Roles, materials, and environmental issues. *Journal of Food Science*, 72(3), R39–R55. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00301.x>
- [7] Martello, S., Pisinger, D., & Toth, P. (2000). New trends in exact algorithms for the 0–1 knapsack problem. *European Journal of Operational Research*, 123(2), 325–332. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00257-3](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00257-3)
- [8] Restuccia, D., Spizzirri, U. G., Parisi, O. I., Cirillo, G., Curcio, M., Iemma, F., & Picci, N. (2010). New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications. *Food Control*, 21(11), 1425–1435. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.04.028>
- [9] Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill.
- [10] Wäscher, G., Haußner, H., & Schumann, H. (2007). An improved typology of cutting and packing problems. *European Journal of Operational Research*, 183(3), 1109–1130. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.12.047>
- [11] Wells, L., Farley, H., & Armstrong, G. (2007). The importance of packaging design for own-label food brands. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 35(9), 677–690. <https://doi.org/10.1108/09590550710773237>

Integral Approach to Improving Supply Chain Efficiency in the Food Industry: A Combination of AHP-Based Supplier Selection and Optimization of Secondary and Transport Packaging Arrangement

Radenka Đekić, M.Sc.TE

Traffic Safety Agency of republic of Srpska, Zmaj Jovina 18, Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

Goran Bošnjak, M.Sc.TE

Traffic Safety Agency of republic of Srpska, Zmaj Jovina 18, Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

Marko Golić, M.Sc.TE

Traffic Safety Agency of republic of Srpska, Zmaj Jovina 18, Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

Abstract: This paper analyzes the impact of collation of aggregate and transport packaging on the efficiency of supply processes in the food industry. The research is based on the application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) method for supplier selection and evaluation of criteria such as quality, price, and reliability. Pairwise comparison of criteria was conducted using Expert Choice software, while CAPE PACK was used to simulate packaging arrangements in order to improve the utilization of transport capacities. The results show that optimal collation of packaging reduces the number of pallets and transport costs, and accelerates delivery time, thereby confirming the hypothesis regarding the logistical efficiency of this approach. The paper also emphasizes the importance of integrating quantitative methods into logistics planning and decision-making.

Keywords: AHP method, Packing, Logistics optimization