

ДОКУМЕНТАЦИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

„Софтвер за вишекритеријумску анализу“ – DOIRES MA

Аутори техничког решења

- Др Милорад Бојић, ред. проф.
- Др Милан Деспотовић, ван. проф.
- MSc Loukia Geronikolou
- Em. Prof. Spyros Kyritsis
- Др Рајко Чукић, асистент

Наручилац техничког решења

- 6th Framework Programme of the European Commission by Research Directorate-General

Корисник техничког решења

- Изабране области у земљама учесницама (Грчка, Немачка/Аустрија, Италија, Србија, FYROM, Албанија)

Година када је техничко решење урађено

- 2005-2007

Област технике на коју се техничко решење односи

- Енергетика

1. Опис проблема који се решава техничким решењем

Техничко решење, софтвер **DOIRES MA**, је алат који служи за рангирање различитих алтернатива добијених процесом оптимизације, коришћењем вишекритеријуске анализе. Илустрација проблема који се решава овим техничким решењем приказана је табелама 1. и 2., које су настале као резултат одређивања оптималног сценарија интеграције обновљивих извора енергије (ОИЕ) у одређеном региону и временском периоду, коришћењем специјализованог софтвера за дефинисање оптималне локалне комбинације (интеграције на регионалном нивоу) технологија које користе обновљиве изворе енергије у складу са специфичним условима и потребама области за коју се оптимизација примењује. У табели 1. приказани су четири различита конфигурације које су добијене оптимизовањем истог сценарија али за различите циљне функције: (а) минимални укупни трошкови, (б) минимална укупна емисија CO₂, (в) максимални удео ОИЕ, и (г) максимална сигурност обезбеђења.

Табела 1. Оптимизоване конфигурације за различите циљне функције

	Configuration 1 (cost minimization)			Configuration 2 (CO2 min)			Configuration 3 (RES share max)			Configuration 4 (security of supply max)		
	year 1	year 2	year 3	year 1	year 2	year 3	year 1	year 2	year 3	year 1	year 2	year 3
Additional power to be installed (MW)												
centr_wind_1	7.86			8.61			8.61		0.00	8.61		
centr_hydro_1	4.00			10.50	0.32	0.32	10.50	0.32	0.00	10.50	0.32	
centr_solid_waste_1	0.12			0.00			0.00	0.01	0.24	0.25	0.00	
distr_wind_2_2	0.86			1.12			1.12			1.12		
distr_wind_3_5	1.04			1.03					0.13			0.13
distr_PV_3_5					0.99			0.09			0.09	0.00
distr_PV_4_7	0.36	0.01	0.01	0.36	0.01	0.01	0.36	0.01	0.01	0.36	0.01	0.01
distr_biomass_5	2.00	0.06	0.06	2.00	0.06	0.06	2.00	0.06	0.06	2.00	0.06	0.06
district_geothermal_1	4.59		0.23	4.38	0.22	0.23	4.38	0.22	0.23	4.38	0.22	0.23
heatdemands_HP_4_3	0.14			0.12		0.02	0.12		0.02	0.12		0.02
heatdemands_geothermal_5_5							8.99			8.99		
heatdemands_solarcollectors_5_5							4.50			4.50		
heatdemands_solidwaste_6							0.41					
heatdemands_HP_6	1.38			1.25	0.06	0.07	1.25	0.06	0.07	1.25	0.06	0.07
gas_turbines_chp			0.32		0.03	1.47			2.09			2.09

На основу података из табеле 1. и коришћењем индикатора за четири различите оптимизоване конфигурације добија се матрица исплативости, која је приказана у табели 2., а у којој болдиране вредности одговарају израчунатим вредностима циљне функције.

Табела 2. Matrica isplativosti

	total cost	cost	CO2	RES share	Security of supply
	М€	€/kWh	kt	%	%
Configuration 1	160.31	0.27	331.43	42.90	46.93
Configuration 2	184.63	0.31	321.54	42.87	46.90
Configuration 3	183.21	0.27	331.27	50.27	53.57
Configuration 4	182.48	0.27	330.06	50.27	53.81

Матрица исплативости најбоље осликава конфликт који постоји између појединих критеријума. У конкретном случају, види се да постоји изразит конфликт између пенетрације технологија ОИЕ у енергетски сектор, сигурности обезбеђења, предпостављених трошкова и редукције CO₂. Како постоји различитост захтева, за рангирање ових дискретних алтернатива, неопходна је вишекритеријумска анализа, што је управо намена развијеног софтвера **DOIRES MA**.

2. Стање решености проблема у свету – приказ и анализа постојећих решења

Вишекритеријумска анализа је процес који се користи за доношење одлуке у случајевима када постоје два или више конфликтна критеријума. Суштина вишекритеријумске анализе јесте да се пронађе начин који ће понудити компромисно решење за супростављене критеријуме. Основна тешкоћа која постоји код оваквих проблема је да је код доношење неке одлуке, постизање општег консензуса у мултидисциплинарном тиму веома тешко постићи. Коришћењем вишекритеријумске анализе, чланови тог мултидисциплинарног тима не морају да се слажу о релативној важности критеријума за рангирање различитих алтернатива. Сваки члан тима прави свој суд и ствара јасан допринос заједничком заључку.

На тржишту постоји велики број софтвера који служе као алат за решавање проблема вишекритеријумске анализе. Такође, ови софтвери користе различите алгоритме за решавање описаног проблема. Међутим, ти софтвери су углавном скупи, и опште намене, па је за њихово успешно коришћење, поред лиценце, неопходна и одговарајућа вештина, а за једну групу тих софтвера и значајне програмерске способности. За разлику од ових општих софтвера (*general purpose*), постоји знатно мањи број софтвера за решавање конкретног проблема (*problem-orientred*) у оквиру вишекритеријумске анализе.

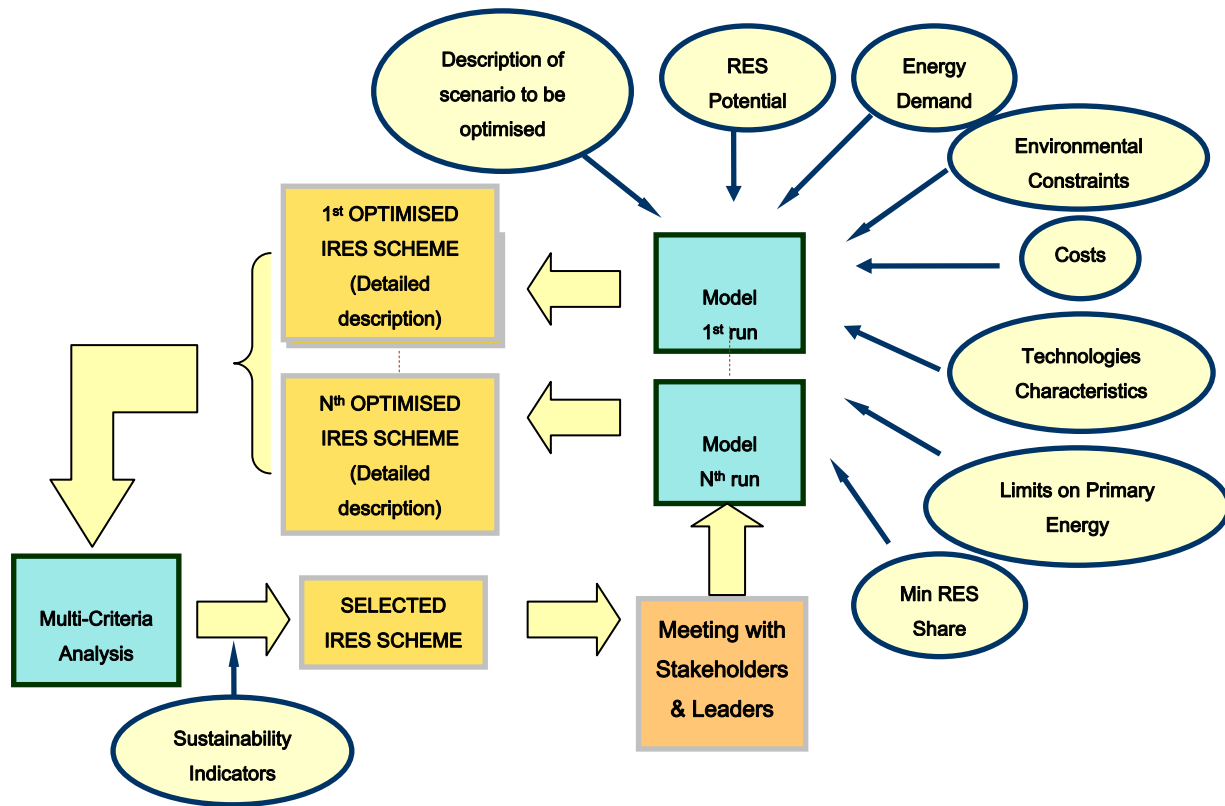
3. Суштина техничког решења

Развијено техничко решење, софтвер DOIRES MA, представља алат за решавање конкретног проблема рангирања алтернатива у оквиру проналажења оптималне интеграције обновљивих извора енергије. Алгоритам за одређивање оптималне интеграције технологија које користе ОИЕ у специфичном региону може се представити следећим корацима: (а) сакупљање података (енергетски подаци, подаци о заштити животне средине, социолошки подаци, метеоролошки подаци), (б) одређивање сценарија који су засновани на прикупљеним подацима и системским параметрима, (в) оптимизацији која резултира у комбинацији конвенционалних технологија и технологија које користе ОИЕ, и (г) вишекритеријумска анализа, која омогућава истраживање предложених решења и дијалог међу доносиоцима одлука у циљу постизања најбољег компромиса.

Развијено техничко решење, софтвер DOIRES MA, представља ефикасан алат за решавање описаног проблема, и пријатељски је (*user friendly*) оријентисан ка кориснику. Коришћење овог софтвера не захтева додатне вештине корисника, већ га могу користити и они доносиоци одлука у конкретном сектору који не познају програмирање или суштину вишекритеријумске анализе, кроз једноставне дијалоге које им софтвер нуди.

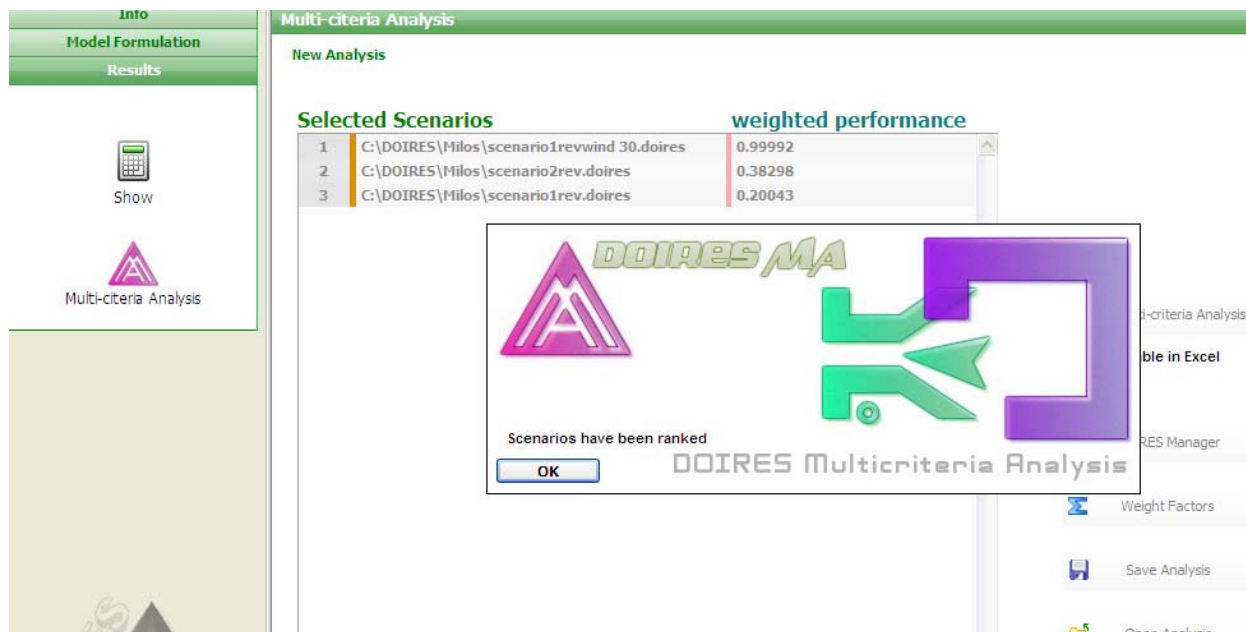
4. Детаљан опис техничког решења (укључујући и пратеће илустрације и техничке цртеже)

За рангирање дискретних алтернатива, које се добијају као резултат одређивања оптималног сценарија интеграције обновљивих извора енергије (ОИЕ) у одређеном региону и временском периоду, у циљу проналажења најбољег компромисног решења, коришћена је вишекритеријумска анализа, која је за конкретан проблем приказана на слици 1. Метод који се користи у оквиру ове анализе је PROMETHEE метод, који представља посебну класу алгоритама за рангирање.



Слика 1. Суштина софвера за мултикритеријумску анализу DOIRES MA

Развијени софтвер DOIRES MA, је због још веће једноставности коришћења инкорпориран у софтвер за одређивање оптималне интеграције обновљивих извора енергије DOIRES (**D**etermining **O**ptimum **I**ntegration of **R**enewable **E**nergy **S**ources), а кориснички интерфејс је приказан на слици 2.



Слика 2. Изглед корисничког интерфејса софтвера DOIRES MA

У циљу проналажења компромисне опције у оквиру ове вишекритеријумске анализе, користе се одговарајући индикатори одрживости. Вишекритеријумска анализа примењује се на различите конфигурације (шеме) интегрисаног система ОИЕ, које потичу или од различитих оптимизованих сценарија или дефинисањем различитих циљних функција (минимизирање укупних трошкова или укуоне емисије, максимизирање учешћа ОИЕ или други индикатори).

Индикатори одрживости који се користе у овој вишекритеријумској анализи бира корисник софтвера са листе предложених индикатора модела. Предложени индикатори (критеријуми) сврстани су у четири категорије: индикатори ресурса, социолошки индикатори, економски индикатори, и индикатори животне средине. Листа ових индикатора у графичком окружењу софтвера DOIRES MA приказна је на слици 3. Ову листу индикатора сачинио је експертски тим конзорцијума RES INTEGRATION пројекта.

Индикатори одрживости прорачунавају се за сваки сценарио који треба оптимизовати у сваком појединачном случају. Због тога је неопходно познавати изабране индикаторе током процеса оптимизације, и они морају бити заједнички за разлиите сценарије које треба рангирати процесом вишекритеријумске анализе.

Sustainability indicators (criteria) needed for multi-criteria analysis

Resource indicators

- Fuel resource indicator (kg/kWh)
- Resources to production ratio (no units)

Social indicators

- New Job Indicator (number of jobs)
- Capital produced Indicator (€/kWh)
- Added value of energy production (€/kWh)

Economic indicators

- Cost of energy production (€/kWh)
- Total costs (M€)
- Energy use per unit of GDP (kWh/€)
- Energy use per capita for the whole time horizon(MWh/capita)
- Non imported energy production-security (%)

Environmental indicators

- Renewable energy share in energy and electricity (%)
- Non Carbon energy share in energy and electricity (%)
- Emissions of GHG (kTCO₂ eq)
- CO₂ - Air pollutant emissions from energy systems (kT)
- NO_x - Air pollutant emissions from energy systems (kT)
- SO_x - Air pollutant emissions from energy systems (kT)
- CO - Air pollutant emissions from energy systems (kT)
- UHC - Air pollutant emissions from energy systems (kT)
- PM - Air pollutant emissions from energy systems (kT)
- Biofuels share in primary energy supply (%)
- Protected area affected (ha)
- Ratio of solid waste generation to units of energy produced (t/MWh)

- Contaminant 1 - - (kg)
- Contaminant 2 - - (kg)
- Contaminant 3 - - (kg)
- Rate of deforestation attributed to energy use (%)

Слика 3. Листа индикатора вишекритеријумске анализе софтвера DOIRES MA

Индикатори ресурса

Индикатори ресурса узимају у обзир потрошњу примарних енергетских извора и њихову доступност:

1. Индикатор горива (kg/kWh) – прорачунава се дељењем тоталне потрошње горива у целокупном енергетском систему и планираном временском оквира, са укупном произведеном енергијом у систему током планираног временског оквира,
2. Индикатор односа ресурса и производње (/) – однос енергетских ресурса који остају на крају године са производњом енергије у тој години.

Социолошки индикатори

Социолошки индикатори рефлектују социолошки аспект разматраних опција:

1. Индикатор нових радних места (број радних места) – означава број нових радних места која ће се отворити у одреженом периоду,
2. Индикатор произведеног капитала (€/kWh) – односи се на количину капитала по произведеном kWh у току животног циклуса,
3. Додата вредност производње енергије (€/kWh) – односи се на плате и профит од производње енергије и система снабдевања.

Економски индикатори

Економски индикатори се базирају на укључивању следећих елемената:

1. Цена производње енергије (€/kWh) – укупни трошкови енергетског система деле се са укупном произведеном енергијом током целог временског оквира планирања,
2. Укупни трошкови (M€) – укупни трошкови за енергију током целог временског оквира планирања,
3. Потрошња енергије по јединици БДП-а (kWh/€) – укупна произведена енергија дели се са БДП-ом за сваку годину временског оквира планирања, а односи се сабирају током целог временског оквира планирања,
4. Потрошња енергије по глави становника током целог временског оквира планирања (MWh/capita), - укупна произведена енергија дели се са популацијом током сваке године временског оквира планирања, а односи се сабирају током целог временског оквира планирања,
5. Обезбеђење од зависности од увоза енергије (%) – енергије произведене технологијама које користе и које не користе примарне изворе дају се као проценти укупне енергије произведене у систему.

Индикатори животне средине

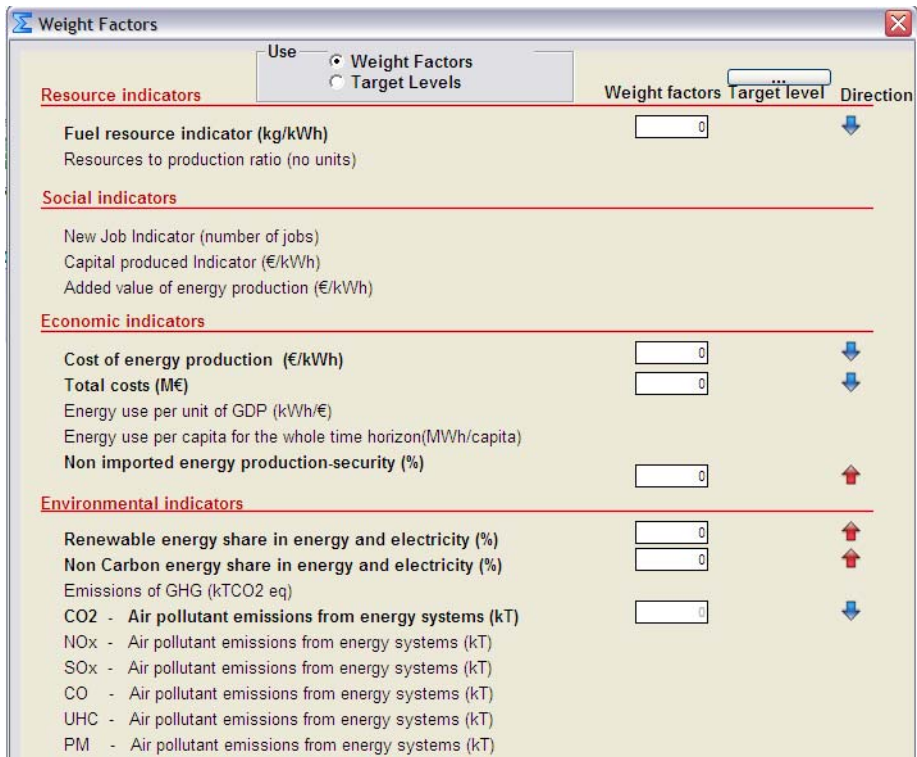
Индикатори животне средине рефлектују аспект заштите животне средине разматраних опција:

1. Учешће ОИЕ (%) – укупно произведена енергије од ОИЕ даје се као проценат укупно произведене енергије у систему
2. Учешће технологија које не емитују CO₂ (%) – енергије произведене технологијама које не користе примарне изворе и оним технологијама које користе биогорива дају се као проценат укупно произведене енергије,
3. Емисија GHG (kTCO₂ eq) – укупна емисија различитих полутаната изражава се као еквивалентна CO₂ емисија,
4. Загађење ваздуха од енергетског система (kT) – током целог временског оквира планирања, изражено у kT, а укључује CO₂, NO_x, SO_x, CO, УНС и PM,
5. Учешће биогорива (%) – потрошња биогорива током временског оквира планирања као проценат укупне потрошње у енергетском систему,
6. Површина заштићене области (ha),
7. Однос количине чврстог отпада и произведене енергије (t/MWh) – за сваку технологију за производњу енергије,
8. Количина течног отпада од енергетског система (kg) – суштина овог индикатора је мониторинг штетних отпадних вода које се изливају у водотокове,
9. Стопа сече шума у према потрошњи енергије (%) – суштина овог индикатора је да прикаже промену пошумљених површина током времена.

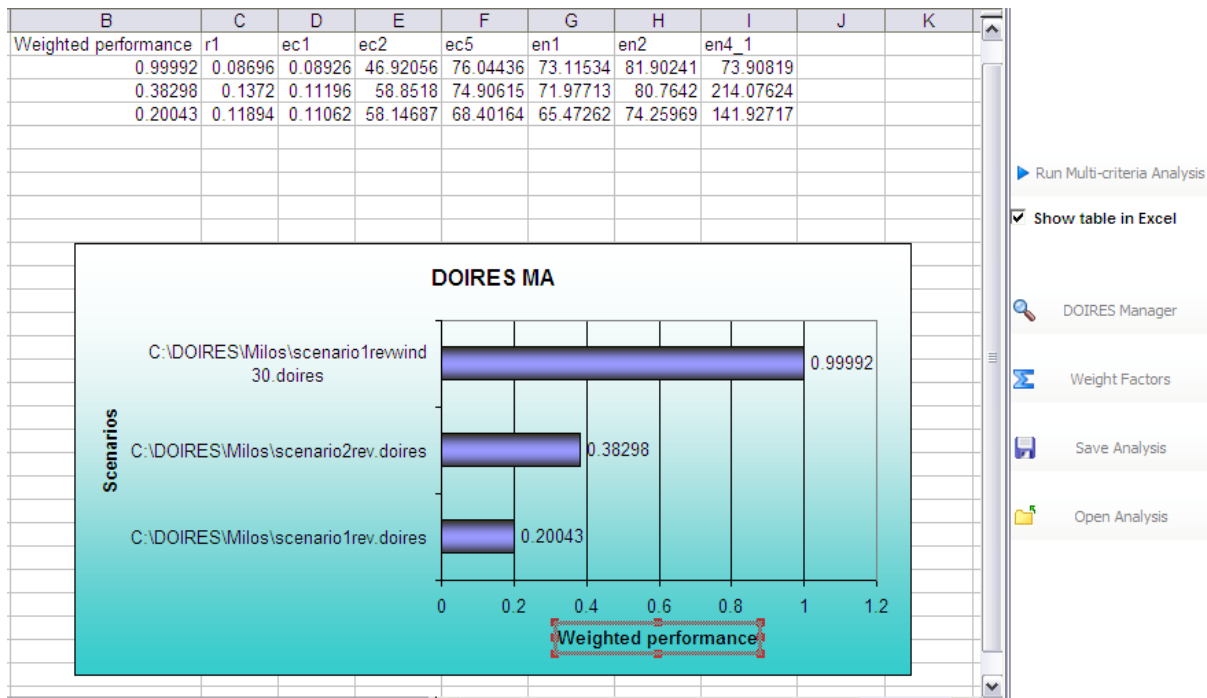
Тежински фактори и циљни ниво

Током процеса оптимизације добијају се различити сценарији за које су дефинисани индикатори који су описани у претходном тексту. У циљу вршења вишедимензионалне анализе један од начина је дефинисање тежинских фактора који одређују „тежину“ сваког индикатора, вредношћу од 0-1, при чему је збир свих тежинских фактора изабраних индикатора једнак јединици (слика 4). Након извршења вишекритеријумске анализе добија се листа рангираног посматраних сценарија (слика 5).

Алтернативно, уместо тежинских фактора могу се за изабране индикаторе корситити и циљни нивои, који дефинишу смер вишекритеријумског модела и важност индикатора у складу са маргином између вредности индикатора и циљног нивоа.



Слика 4. Приказ тежинских фактора



Слика 5. Приказ рангирања сценарија коришћењем тежинских фактора

Развијени софтвер DOIRES MA је настао као резултат рада на међународном FP6 пројекту - *Rural sustainable development through integration of Renewable Energy Technologies in poor European regions - Specific support actions (SSA) for Western Balkan Countries*, и коришћен је за проналажење оптималне интеграције технологија ОИЕ у следећим регионима:

- Milos Island, Cyclades Islands (**Грчка**)
- Achentel, Bavaria (**Немачка**)
- Leukental, Tyrol (**Аустрија**)
- Mountain Community of Limina, Calabria (**Италија**)
- Kragujevac-Knic (**Србија**)
- Podbelasica region (**Бивша Југословенска Република Македонија**), и
- Bregu region (**Албанија**)

Ови резултати оптимизирања добијени помоћу софтвера DOIRES MA могу се видети на Интернет адреси: <http://www.res-integration.com>.

Софтвер DOIRES MA је расположив за комерцијалну употребу, на домаћем и страном тржишту, као и за потребе истраживања и едукације.

5 Литература

1. C. Cormio, M. Dicorato, A. Minoia, M. Trovato, A regional energy planning methodology including renewable energy sources and environmental constraints, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 7 (2003) 99–130
2. L. Geronikolou, S. Rozakis, M. Z. Despotovic, G. Papadakis, S. Kyritsis, Model Development and Application for Determining Optimum Integration of RES in target Regions, *First International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE)*, Skiathos island, Greece, 2007, June 24 to 28
3. Milorad Bojic, Milan Despotovic, Spyros Kyritsis, George Papadakis, Loukia Gournikolou, LOpt: a tool for sustainable energy optimization, *reCOMMEND*, Vol.5, No.3, pp. 7-9, ISSN -, 2006
4. E. Tsioliaridou, G.C. Bakos, M. Stadler, A new energy planning methodology for the penetration of renewable energy technologies in electricity sector application for the island of Crete, *Energy Policy*, Volume 34, Issue 18, 2006
5. Van Der Voort, E. et al.: *Energy Supply Modeling Package EFOM 12C Mark I*, Mathematical Description, Louvian-la-Neuve, 1984
6. Afgan N. H., Carvalho M. D. G., 2000. *Sustainable Assessment Method for Energy Systems*, Kluwer Academic Publishers, Boston, Dordrecht, London.
7. IAEA, 2005. *Energy Indicators for Sustainable Development: Guidelines and Methodologies*.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Крагујевцу број 01-1/1128-14 од 22. 04. 2010. године именовани смо за рецензенте предлога техничког решења:

„Софтвер за вишекритеријумску анализу“ – DOIRES MA

аутора: Милорад Бојић, Милан Деспотовић, Loukia Geronikolou, Spyros Kyritsis, Рајко Чукић. На основу предлога овог техничког решења подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

01-1/1684

Техничко решење „Софтвер за вишекритеријумску анализу“ – DOIRES MA аутора: Милорад Бојић, Милан Деспотовић, Loukia Geronikolou, Spyros Kyritsis, Рајко Чукић, реализован 2005-2007 године, приказано је на 10 страница формата А4, писаних 11 фонтом, проредом 1, садржи 5 слику и 2 табеле. Састављено је од следећих поглавља:

1. Опис проблема који се решава техничким решењем
2. Стање решености проблема у свету – приказ и анализа постојећих решења
3. Суштина техничког решења
4. Детаљан опис техничког решења (укључујући и пратеће илустрације и техничке цртеже)
5. Литература

Техничко решење припада области научно-технолошких услуга, пројектовање и развој компјутерског софтвера (класа 42)

Наручилац техничког решења је **6th Framework Programme of the European Commission by Research Directorate-General**, реализовано је у оквиру рада на FP6 пројекту: **Rural sustainable development through integration of Renewable Energy Technologies in poor European regions - Specific support actions (SSA) for Western Balkan Countries**

Основне идеје као и резултати за ово техничко решење прихваћени су и објављени у раду: L. Geronikolou, S. Rozakis, M. Z. Despotovic, G. Papadakis, S. Kyritsis, Model Development and Application for Determining Optimum Integration of RES in target Regions, First International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE), Skiathos island, Greece, 2007, June 24 to 28.

Примена предложеног техничког решења реализована је у **СЕДАМ ИЗАБРАНИХ РЕГИЈА НА МЕЂУНАРОДНОМ НИВОУ И ТО:**

- Milos Island, Cyclades Islands (Грчка)
- Achental, Bavaria (Немачка)
- Leukental, Tyrol (Аустрија)
- Mountain Community of Limina, Calabria (Италија)
- Kragujevac-Knec (Србија)
- Podbelasica region (Бивша Југословенска Република Македонија), и
- Bregu region (Албанија)

МИШЉЕЊЕ

Аутори техничког решења „Софтвер за вишекритеријумску анализу“ - DOIRES MA, су јасно приказали, теоријски обрадили и имплементирали комплетну структуру техничког решења.

Предложени софтвер написан је на основу комплексног захтева за доношењем одлуке о избору одговарајућег сценарија за интеграцију технологија обновљивих извора енергије, у одређеном мвременском оквиру, при чему постоји конфликт између појединих критеријума.

На основу описа техничког решења могу се донети следећи закључци:

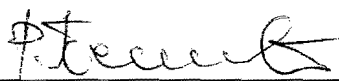
- 1. Развијени софтвер DOIRES MA представља ефикасан софтвер за решавање описаног проблема.*
- 2. Софтвер DOIRES MA је развијан према утврђеном програмском задатку, а у оквиру међународног пројекта, коришћењем експертског знања великог броја истраживача који су учествовали у развоју софтвера.*
- 3. Софтвер DOIRES MA омогућава рангирање разматраних алтернативних сценарија узимањем у обзир великог броја индикатора који су сврстани у четири категорије: (а) индикатори ресурса, који узимају у обзир потрошњу*

примарних енергетских извора и њихову доступност, (б) социолошки индикатори, који рефлектују социолошки аспект разматраних опција, (в) економски индикатори, који укључују у анализу сет од шест економских параметара, и (г) индикатори животне средине, који рефлектују аспект заштите животне средине разматраних опција.

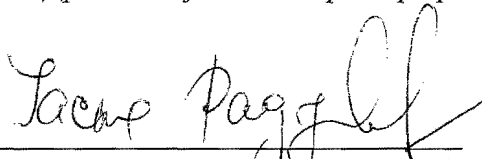
4. Софтвер DOIRES MA дизајниран је у пријатном графичком окружењу и пријатељски је оријентисан ка кориснику (*user friendly*), и у процесу доношења одлуке, могу га користити и они доносиоци одлука у конкретном сектору који не познају програмирање или суштину вишекритеријумске анализе, кроз једноставне дијалоге које им софтвер нуди.

Дакле, „Софтвер за вишекритеријумску анализу“ - DOIRES MA има значајно место као ефикасан алат за избор оптималне сценарија интеграције технологија које користе обновљиве изворе енергије коришћењем вишекритеријумске анализе. Са задовољством предлажемо да се „Софтвер за вишекритеријумску анализу“ – DOIRES MA прихвати као ново техничко решење.

04.06.2010., у Крагујевцу



Др Радивоје Пешић, ред. проф.



Др Јасна Радуловић, ван. проф.



Универзитет у Крагујевцу
Машински факултет у Крагујевцу
Број : **ТР-37/2010**
10. 06. 2010. године
Крагујевац

Наставно-научно веће Машинског факултета у Крагујевцу на својој седници од 10. 06. 2010. године на основу члана 200. Статута Машинског факултета, донело је

О Д Л У К У

Усвајају се позитивне рецензије техничког решења „Софтвер за вишекритеријумску анализу“- **DIOIRES MA**“, аутора **Др Милорада Бојића, др Милана Деспотовића, Проф. MSc Loukia Geronikolou, Em. Prof. Spyros Kyritsis** и др **Рајка Чукића**.

Решење припада класи **M85**, према класификацији из Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, ("Сл. гласник РС", бр. 38/2008).

Рецензенти су:

1. **Др Радивоје Пешић, редовни професор, Машински факултет у Крагујевцу**
2. **Др Јасна Радуловић, ванредни професор, Машински факултет у Крагујевцу**

Достављено:
Ауторима
Архиви

ДЕКАН МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Др Мирослав Бабић, ред. проф.