

БОРЯНА ДЕЛИЙСКА

ЕКОИНФОРМАТИКА

София 2007

РЕЗЮМЕ

СЪДЪРЖАНИЕ

Списък от фигури

Списък от таблици

Списък на абривиатурите

I. ВЪВЕДЕНИЕ

1. Екоинформатиката като клон на приложната информатика

2. Предмет и задачи

2.1. Предмет и задачи на компютърните мрежи

2.2. Предмет и задачи на екоинформатиката

3. Анализ на ресурсите за компютърни мрежи и екоинформатика

3.1. Хардуер

3.2. Софтуер

3.2.1. Софтуер за компютърни мрежи

Мрежови операционни системи и мрежови приложения

3.2.2. Екоинформационни и екоекспертни системи

3.3. Данни

3.3.1. Стандарти за представяне на екологични данни

3.3.2. Типове и структури на данни в екоинформатиката

3.3.3. Стандарти

3.4. Организации

3.5. Терминологични ресурси за компютърни мрежи и екоинформатика

2. Области на приложната информатика

Съвременната наука и технология за обработка на информацията – информатиката, като неразделна част от компютърната наука, изследва събирането, структурирането, обработката, анализа, управлението, търсенето и разпространението на информация, както и теоретичните основи, проектирането и поддържането на информационни системи. Освен това, тя изследва използването на информацията в организациите, нейния обмен между хората, както и обмена ѝ между информационните системи.

Обособяват се 4 основни направления [Ketz H., Hug K. 1998] – *теоретична, практическа, техническа и приложна информатика*. Теоретичната информатика обхваща теорията на информацията и информационните системи. Техническата информатика се занимава със системите за контрол и управление в индустрията, а практическата – със софтуерното инженерство. Особено внимание през последните години се отделя на клоновете на приложната информатика, която е свързана с обработка на данни за различни научни дисциплини и практически дейности. Обединението на приложната информатика с науките за изследване и опазване на природните и човешките ресурси поражда нови интердисциплинарни научни направления, а именно:

- *геоинформатика* (geoinformatics) – информатика за природни и социално-икономически явления и процеси на Земята;
- *биоинформатика* (bioinformatics) – информатика в биологията, в т.ч. информатика в геномиката (genome informatics), изчислителна биология (computational biology) и др.;
- *медицинска информатика* (medical informatics) – информатика в медицината и здравеопазването;
- *информатика за гори и горско стопанство* (forest informatics);
- *агроинформатика* (agroinformatics) – информатика за агрономическа наука и земеделие, в т.ч. *информатика за почвознание* (soil informatics);
- *хидроинформатика* (hydroinformatics) – информатика в хидрологията;
- *екоинформатика* (ecoinformatics) – информатика в екологията и науката за околната среда

и т.н. Тези клонове на приложната информатика са сродни не само поради връзките между явленията и процесите, които изследват, но и поради факта, че могат да се разглеждат като класове на т.нар. *пространствена информатика* (space informatics), изследваща информация за обекти с пространствена локализация, както и теорията и практиката на пространствените информационни системи.

Конкретен интерес в настоящия труд представлява **екоинформатиката**, като един от най-новите и най-бързо развиващи се клонове на приложната информатика.

2. Същност, предмет и задачи на екоинформатиката

Екологичната информатика, информатиката за околната среда или *информатиката за природните системи* (наричана кратко *екоинформатика*) е интердисциплинарна наука за изследване и анализ на информацията, както и за използване на информационните технологии в екологията и/или науката за околната среда (вж. още дефиниции в Приложение 1). Тя изследва околната среда и нейното управление чрез достъп до бази

данни с еко-информация¹, както и статистика, анализ, планиране, моделиране (симулиране) и прогнозиране на природни системи, процеси и явления. Екоинформатиката свързва знанията от различни природни науки, но най-вече от екологията и науката за околната среда, със социалните, икономическите и екологичните цели, като съчетава разнообразието от автоматизирани измервания с гъвкави и многообхватни мрежи за мониторинг на околната среда, с мултидисциплинарно математическо моделиране с цел постигане на евтини, безрискови и съгласувани решения [Gunther, 1998; Chang et al., 2001, 2002].

Екологията е клон от биологията, изследващ организмите и взаимоотношенията между тях и тяхната среда [Tell el Far'ah Dictionary 2007]. Названието *екология* е предложено за пръв път от Е.Хекел в 1866 г. Екологични данни се използват в биологичните, химичните, физичните и социалните изследвания. Поради комплексния си характер, екологията като наука все повече разширява обхвата на изследователските си задачи, а сложността, типове и обема на данните, които се събират и анализират от еколозите, нарастват непрекъснато [Michener et al., 2001].

От своя страна, *науката за околната среда* е: 1) синоним на екологията; 2) наука за взаимодействието между физичните, химичните и биологичните компоненти на околната среда, включително тяхното въздействие върху всички видове организми, но най-често – за въздействието на човек върху околната среда [Wikipedia].

Понастоящем се вземат все по-строги мерки за устойчиво развитие на природните ресурси на базата на все по-сложни управленски решения, за които са необходими все по-обхватни знания. Точното дефиниране на знанията за природните (естествените) системи е невъзможно без прилагането на методите и инструментите на компютърните науки и в частност – на информатиката. Изграждането на ефективни стратегии за устойчиво развитие на екосистемите се основава на информационни технологии за мащабен многомерен анализ на екологични данни и моделиране на околната среда. Информационните технологии стават все по-важни за управление на околната среда, поради увеличаващия се обем изчисления за изследване на физичните, химичните и биологичните аспекти на системите, явленията и процесите в природата, които са свързани и с антропогенните системи.

Екоинформатиката обуславя двупосочен процес. От една страна, теорията, методите и технологиите на компютърната наука и информатиката се прилагат в екологията и науката за околната среда, а от друга – много изследователски проблеми в компютърната наука и информатиката са мотивирани и предизвикани от уникалните задачи в екологията и науката за околната среда.

Екоинформатиката синтезира нови дисциплини за постигане на нови подходи и технологии за решаване на практически задачи.

2.1. Дефиниция

Съществуват различни дефиниции за екоинформатика, по-важните от които са дадени в Приложение 1. Анализирайки ги и предвид класическата дефиниция за науката информатика, може да се изведе следната обобщаваща:

Дефиниция: Екоинформатиката е наука и технология за събиране, обработване, анализ и извеждане на информация за екология и околна среда.

2.2. Задачи на екоинформатиката

¹ В английския език еквивалент на разширеното тълкуване на представката *еко-* е думата *environment[al]* (отнасящ се за околна среда) или *ecological* (екологичен), а терминът *ecology* се използва най-вече като название на един от разделите на биологията.

Екоинформатиката изпълнява [Haklay M. 1999] една или повече от следните задачи:

- мониторинг и анализ на качеството на околната среда (environmental monitoring);
- съхраняване, обработка и достъп до еко-данни;
- мониторинг, анализ и управление на риска (disaster description and response) в околната среда;
- статистика и отчети за състоянието на околната среда (environmental reporting);
- планиране и симулация на ресурсите на околната среда (planning and simulation);
- моделиране и оптимизиране на екосистеми;
- симулация, оптимизация и управление на отпадъци и процеси за намаляване на замърсяването;
- прогнозиране и поддържане на решения (decision making) за екология и околна среда.

Тези задачи се решават със съвременни компютърни екоинформационни (ЕИС) и екоекспертни (ЕЕС) системи. Според Recknagel [Recknagel F. 2003], чрез тях се изпълняват две основни групи дейности, показани схематично на фиг.1, а именно:

2.2.1. Архивиране и обработка на еко-данни, визуализация на еко-информация

По-подробно, тази група дейности включва:

- въвеждане и архивиране на еко-данни;
- преобразуване (преформатиране, структуриране и конвертиране) на въведените еко-данни;
- обработка и анализ на еко-данни;
- търсене, извличане и визуализация на еко-информация.



Фигура 1. Основни дейности в екоинформатиката

Забележка: Тук се прави разлика между данни и информация, която според Wikipedia [http://en.wikipedia.org/wiki/Data] е в това, че данните са неподредени факти, груба и необработена информация.

2.2.2. Моделиране, анализ, синтез и прогнозиране на екосистеми

В резултат от втората група дейности се развива теорията на екосистемите, както и поддържането на решения за устойчивото им развитие.

Посочените две групи дейности са свързани с модерната компютърна технология за високопроизводителни разпределени паралелни изчисления (grid computing) в

компютърни системи с голям обем RAM (вж. проектите GLOBUS [www.globus.org], Netsolve [icl.cs.utk.edu/netsolve] и Internet Backplane Protocol [<http://loci.cs.utk.edu/ibp/index.php>]).

Използват се и други известни информационни и комуникационни технологии (ИКТ), а именно:

- обектно-ориентирано представяне на данни, обединени с метаданни и операции за стандартизацията им;
- Интернет услуги за достъп, споделяне, търсене и обмен на динамични множества от данни;
- дистанционни методи и географски информационни системи (ГИС) за събиране, обработка и визуализация на пространствени данни;
- анимация с цел улеснение на визуализацията и симулацията на изображения.

За моделиране, анализ, синтез и прогнозиране на екосистеми се прилагат и:

- теорията на клетъчните автомати за пространствено-времева симулация и симулация на индивиди;
- размита логика за представяне и обработка на непълно дефинирани еко-данни;
- изкуствени невронни мрежи (ANN) за многомерна нелинейна регресия, сортиране и класифициране, за многовариантен анализ на времеви серии, анализ на изображения в микро- и макромасщаб;
- генетични и еволюционни алгоритми на базата на диференциални уравнения за откриване и създаване на многовариантни хибридни модели и модели с изкуствен интелект и нелинейни правила;
- адаптивни софтуерни агенти, изпълняващи ролята на носители и преобразуватели на информацията, генератори на решения (decision makers), илюстратори и създатели на екообщности [Athanasiadis I.N, Mitkas P.A. 2005].

2.3. Организации за екоинформатика

Екоинформатиката е и технология за хора и организации, занимаващи се с опазване на екосистеми на локално, регионално и глобално ниво. Тя предоставя теоретичните основи за компютърно-базираното моделиране на еко-процеси с цел краткосрочни прогнози за времето и дългосрочни за климата; за обработка на информацията след рискови събития; за растежа и развитието на градовете; за планиране и експериментиране на политики за устойчиво развитие.

Най-известните организации в областта на екоинформатиката са:

2.3.1. Европейска мрежа за наблюдение и информация за околната среда EIONET [<http://www.eionet.europa.eu/>], партньор на European Environment Agency (EEA), включваща около 900 експерти и 300 организации;

2.3.2. Работна група за екоинформатика в Международната асоциация на вегетативната наука (International Association for Vegetation Science) [http://www.lockss.org/lockss/International_Association_for_Vegetation_Science];

2.3.3. Център за биологична информатика (Center for Biological Informatics) [<http://biology.usgs.gov/cbi/>] на организацията US Geological Survey, Денвър, САЩ;

2.3.4. Национален център за екологичен анализ и синтез NCEAS при Калифорнийски университет, Санта Барбара, САЩ, който заедно с LTER поддържа сайта www.ecoinformatics.org;

2.3.5. Мрежа за изследване на биоразнообразието KNB [<http://knb.ecoinformatics.org/index.jsp>]. Създадена и поддържана от Националната научна фондация NSF на САЩ с цел улеснение на изследванията на околната среда и екосистеми за ефективно установяване, достъп, интерпретация, обединение и анализ на сложни екологични данни от голям брой полеви станции, лаборатории, изследователски центрове и отделни учени;

2.3.6. Сдружение за екоинформатика (Ecoinformatics Collaboratory) [<http://ecoinformatics.uvm.edu/>] на Институт Ганд за екологична икономика (Gund Institute for Ecological Economics), част от Университета на Върмонт, Бърлингтон, САЩ;

2.3.7. Група Екотерм (Ecoterm Group) на Инициативата за екоинформатика [Ecoinformatics Initiative, <http://ecoinfo.eionet.eu.int/>], изградена през 2004 г. за изследване на приложението на Интернет технологиите и Семантичната мрежа в тази област. Провежда ежегодни срещи. Например, третата среща на Екотерм през 2006 г. с домакин FAO е фокусирана върху добре дефинираните семантични връзки в екосистемите;

2.3.8. Лаборатория по компютърна екология и екоинформатика за района на Пасифика (Pacific Ecoinformatics and Computational Ecology Laboratory), САЩ [www.foodwebs.org/];

2.3.9. Мрежа LTER - организация, създадена през 80-те години и спонсорирана от NSF, включваща повече от 1800 учени и студенти [<http://www.lternet.edu/>]. Седалището ѝ е в Държавния университет на щата Ню Мексико, САЩ и има 27 регионални офиси. През 1993 е създадена международна мрежа ILTER [<http://www.ilternet.edu/>], състояща се от учени от цял свят, ангажирани в дългосрочни местни екологични и социоекономически изследвания;

2.3.10. Мрежа за екологична информация EIN, изградена от Екологичната общност на Америка (Ecological Society of America), поддържаща база данни от експерти и преподаватели по екология [<http://ein.nbii.gov/EIN/index.faces>];

2.3.11. Работна група за проектиране и поддържане на Web страници (Web Design Working Group) на LTER. Поддържа страниците и системата от сървъри на LTER, съхраняващи бази с еко-данни [<http://intranet.lternet.edu/archives/documents/Newsletters/DataBits/05spring/#2fa>];

2.3.12. Международна организация за екоинформатика ISEI на Университета в Аделаида, Австралия [www.waite.adelaide.edu.au/ISEI/];

2.3.13. Център за екоинформатика CEI на Института за Земята и еко-системите към Университета на щата Пенсилвания, САЩ [www.cei.psu.edu/].

2.3.14. EcoInformatics International Inc. [www.geostrategis.com/] – консултантска организация, създадена в Отава, Канада през 2005 г. за краткосрочни и дългосрочни екологични прогнози

и т.н.

2.4. Анализ на ресурсите

Научните и практическите постижения в областта на екоинформатиката са в резултат от проекти и индивидуални изследвания, публикувани в специализирани конференции и симпозиуми, списания, книги и Интернет сайтове. Тук е даден кратък преглед на тези ресурси.

2.4.1. Проекти

По-мощните национални и международни проекти са:

- **SALVIAS** – съвместен проект със седалище в Университета на Аризона, САЩ, за изследване на растителното разнообразие и разпространение в локален и глобален мащаб.

Създаден е web-базиран софтуер за интегриране на данни от различни клонове на ботаниката, както и от таксономията, демографията, фенологията и биогеографията.

- **SEEK** (<http://www.ecoinformatics.org/projects.html>, <http://seek.ecoinformatics.org>) – 5-годишен проект на **NSF** за създаване на киберинфраструктура за изследване на биоразнообразието, екологичните и природните системи, както и за обучение по екоинформатика. По този проект е изградена мрежа EcoGrid за достъп до огромния обем данни за биоразнообразието и екологията, както и инструменти за анализ на тези данни;

- **Kepler** – има за цел изграждане на отворена система от инструменти за разпределени изчисления, базирани на компютърни мрежи, в помощ на учените, занимаващи се с моделиране и анализ. Използва се в мрежата EcoGrid.

- **Canopy Databank** (<http://scidb.evergreen.edu/databank>) – за съвместно създаване и поддържане на банка данни за изследванията в областта на горите и горското стопанство на три територии на **LTER** (JRN, SEV и SGS). Създадени са обобщени концептуални модели на полеви данни от трите територии, с цел извършване на сравнителен експеримент и анализ. За периода на проекта данните се съхраняват в бази данни на MS Access, а по-късно са стандартизирани с езика за екологични метаданни **EML**;

- **Jalama** [jalama.ecoinformatics.org/] – за създаване на система за развитие на метаданни и формуляри, базирани на тях, предназначени за въвеждане на екологични данни от настолни и мобилни компютри.

- Проект на **EEA** и **EPA** за коопериране между САЩ и Европейския съюз за изследвания в екоинформатиката, подкрепян от FP7 [<http://www.ec.europa.eu/research/press/2007/pr0902-2en.cfm> и <http://www.eea.europa.eu/cooperations/eco-informatics>].

- Проект **IMPRESS** (Implementation of Integrated Environmental Information Systems), 2004-2006 г., на Технологичния университет Chalmers в Гьотеборг, Швеция [<http://www.imi.chalmers.se/Publications.htm>].

2.4.2. Конференции и симпозиуми

Най-известните конференции и симпозиуми са показани в Таблица 1.

2.4.3. Периодика

Реферираните списания за екоинформатика с импакт фактор са 3:

- *Journal of Ecological Informatics* на отдела Science Direct на издателство Elsevier B.V., Амстердам, Холандия.

- *Journal of Ecological Modelling* на издателство Elsevier B.V., Амстердам, Холандия;

- *Journal of Environmental Informatics* (JEI), издавано от ISEIS, Канада [<http://www.iseis.org/JEI/>].

Под редакцията на R. Denzer [R. Denzer et al. 1995-2000] от 1995 г. до 2000 г. ежегодно се издава сборник *Environmental Software Systems*.

2.4.4. Книги

Списък с учебници, сборници и монографии в областта на екоинформатиката е даден в [Таблица 2](#).

Таблица 1. Конференции и симпозиуми в областта на екоинформатиката

| № | Наименование | Организирана от | web сайт | Период |
|----|--|---|---|------------------|
| 1 | SCI2002: International Conference Challenges of Ecoinformatics | Orlando, US | http://intranet.lternet.edu/modules.php?name=UpDownload&req=viewsdownload&sid=34 | 2002 |
| 2 | Ecoinformatics Workshop at the Leipzig International Canopy Conference | Leipzig, Germany | http://scidb.evergreen.edu/leipzig-workshop/ | 2005 |
| 3 | Integrating Ecoinformatics Resources on the Semantic Web | University of Southampton, Southampton, SO17 1BJ. United Kingdom | www2006.org/programme/item.php?id=p188 | 2006 |
| 4 | SPIRE Workshop on Synthesizing Ontologies for Ecoinformatics | UC Berkeley Faculty Club University of California Berkeley Berkeley, CA, US | ebiquity.umbc.edu/photo/html/id/52/Spire-workshop | 2004 |
| 5 | Ecoinformatics | Joint Research Centre, European Commission Directorate General | http://www.jrc.cec.eu.int/ | 2006 |
| 6 | Conference of International Society of Ecological Informatics (ISEI) | Adelaide University, Department of Soil and Waterp Glen Osmond, Australia | http://www.waite.adelaide.edu.au/ISEI/ | ежегодно |
| 7 | EnviroInfo | German Informatics Society (GI) | www.deb.uminho.pt/fontes/enviroinfo/ | ежегодно |
| 8 | Ecoinformatics International Technical Collaboration Meeting | Sponsored by: US Environmental Protection Agency | http://xmdr.lbl.gov/ecoinformatics/Ecoinformatics%20agenda%20Berkeley.htm | 23-25.19.2006 |
| 9 | Ecoinformatics workshop - Enviroinfo 2006 | Graz, AT | http://www.eea.europa.eu/cooperations/ecoinformatics/meeting-library | September 2006 |
| 10 | Ecoinformatics partner meeting - JRC | Ispra, Italy | http://www.eea.europa.eu/cooperations/ecoinformatics/meeting-library | January 2006 |
| 11 | Ecoterm I,II,III | UNEP, Geneva CH; UBA, Berlin; FAO Rome, Italy | http://www.eea.europa.eu/cooperations/ecoinformatics/meeting-library | 2004, 2005, 2006 |
| 12 | Ecoinformatics day - Enviroinfo 2004 conference | Geneva, CH, | http://www.eea.europa.eu/cooperations/ecoinformatics/meeting-library | Septmeber 2004 |
| 13 | Workshop on Biodiversity & Ecosystem Informatics | NSF, USA | http://www.evergreen.edu/bdei/2003/final-report.asp | Feb. 10-11, 2003 |

| | | | | |
|----|---|---|---|------------------|
| 14 | Ecoinformatics Training Workshop | Albuquerque | http://seek.ecoinformatics.org/Wiki.jsp?page=Calendar | Jan 8-12, 2007 |
| 15 | Ecoinformatics Terminology Meeting | UN Environment House, Geneva, Switzerland | thesaurusterminology/terminologyworkshop/_EN_1.0_&a=d | 15-16 April 2004 |
| 16 | SEEK exec meeting | Santa Barbara, CA | http://seek.ecoinformatics.org/Wiki.jsp?page=Calendar | March 5-7, 2007 |
| 17 | International Conference on Environmental Informatics | ISEIS, Canada | http://www.iseis.org/ | 2003-2007 |
| 18 | International Environmental Informatics Conference | Western Kentucky University | http://www.wku.edu/delo/NewsImages/ISEIS06/newsISEIS06.htm | August 1-3, 2006 |
| 19 | Eco Grid Conference | Wyndham Hotel, Seattle, WA | http://seek.ecoinformatics.org/Wiki.jsp?page=EcoGridConferenceCallNotes7Sep2004 | April 2-3, 2003 |

Таблица 2. Списък от книги за екоинформатика

| № | Автор/редактор | Заглавие | Издателство | Година |
|---|--|---|---|--------|
| 1 | Gunter | Environmental Information Systems | | 1998 |
| 2 | Recknagel, F. (ed.) | Ecological Informatics. Scope, Techniques and Applications. 2nd Revised and Extended Edition | Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York | 2006 |
| 3 | Recknagel, F. (ed.) | Ecological Informatics. Understanding Ecology by Biologically-Inspired Computation | Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York | 2003 |
| 4 | Richards D.J., Allenby B.R., Dale Compton W. (ed.) | Information systems and the Environment | National Academy Press, Washington DC | 2001 |
| 5 | Judith M. Hushon (ed.) | Expert Systems for Environmental Applications | Oxford University Press, USA | 1990 |
| 6 | D. Stockwell | Ecological Niche Modeling: Ecoinformatics in Application to Biodiversity | Chapman & Hall | 2006 |
| 7 | Michener, W. K., John H. Porter, Susan G. Stafford (eds) | Data and Information Management in the Ecological Sciences: A Resource Guide. | LTERR Network Office, University of New Mexico, Albuquerque, NM | 1998 |
| 8 | Michener, W. K. | Environmental Informatics: Methodology and Applications of Environmental Information Processing | Ecological Society of America | 1996 |

2.4.2.3. Публикации в Интернет

По ключова дума "ecoinformatics" към 15.04.2007 г. в Google бяха изведени около 170,000 статии, по ключовите думи на синонима "environmental informatics" – около 1,550,000, по синонима "ecological informatics" – 814,000, а по синонима "enviromatics" – около 500.

Не се намериха специализирани издания в тази област на български.

3. Терминологични ресурси за компютърни мрежи и екоинформатика

Поддържането на терминологията за екоинформатика и стандарти за нея е в основата на организацията на знанията, теоретичните разработки и обучението в областта, както и за създаването и експлоатацията на еко-информационни и експертни системи и други продукти. Екоинформатиката, като интердисциплинарна наука, не притежава собствена терминология, а ползва понятия от множество научни дисциплини, най-вече – от информатиката и екологията.

Терминологичните ресурси са речници, лексикони, глосарии, тезауруси, таксономии, речникови бази данни и информационни системи, както и развитите на тяхна основа семантични мрежи или онтологии. Ресурсите се публикуват на хартиен или електронен носител (CD) или са web-базирани, с ограничен или неограничен достъп в Интернет.

Най-известните терминологични ресурси за екоинформатика са следните:

3.1. Тезаурус *EARth* [uta.iia.cnr.it/earth.htm] на Paolo Plini, CNR. Архитектурата на този тезаурус се основава на категории с фасетна структура. Класификацията включва обекти, атрибути, динамични аспекти (като процеси, състояния, дейности) и дименсии (пространство и време).

3.2. Тезаурус *UMTHES* [www.umweltbundesamt.de/uba-info/dokufabib/thes.htm] на Wolf-Dieter Batschi, UBA (Umwelt Bundes Amt), Germany. Използва в някои бази данни (ULIDAT, UFORDAT, **GEIN** и др.), в каталози на околната среда и в софтуер за анализ на текст. Съдържа повече от 8,900 препоръчителни термина и географски понятия на немски и английски с йерархична структура. Включени са дефиниции, бележки и класификационна схема. Към стандартни данни за **BTs**, **NTs**, **RTs** и синоними допълнително са добавени структури за поддържане на карти на структурата (topic maps).

3.3. Терминологичен портал *TED* [<http://gis.umweltbundesamt.at/medis/thesaurus/Thesaurus.jsp?id=Mx2>] на Rudolf Legat, UBA Austria. TED е обединен Интернет портал, създаден от Австрийското министерство на образованието, науката и културата за агенциите на бедствията и гражданската защита, за кандидатстващите страни, локалните и регионалните власти и мрежата на ЮНЕСКО. Целта е преодоляване на разликите между различните източници и потребители на глобални и локални данни за информационната система.

3.4. Терминологична мрежа NBII [thesaurus.nbio.gov/] на Lisa Zolly. NBII е виртуална мрежа на информационни доставчици. Понастоящем има 12 възела, осигуряващи достъп до данни или инструменти за управление на природни ресурси. Възлите са специализирани за определено направление от биологията или за географски регион на САЩ. В началото, когато работи с California Resources Evaluation System, NBII поддържа тезаурус, обаче по-късно, когато възниква нужда от по-голям тезаурус, започва сътрудничество с CSA за създаването на тезаурус по биоразнообразие. Той обединява 5 тезауруса, като добавя допълнителни термини за биоразнообразие и вече съдържа 10,000 термини със стандартни релации.

3.5. Тезаурус CABI [<http://www.ovid.com/site/products/fieldguide/csod/Thesaurus.jsp>] на James Brooks и CAB International (CABI). CAB е международна неправителствена организация с членове от 40 държави. Тезаурусът CABI за науки за живота първоначално е създаден за земеделие, но след това е разширен с терминология за аквакултури, диетология, хидрология и нашественици. Съдържа около 47,000 дескриптора и 12,000 термина на английски, испански, португалски и холандски. Понастоящем CABI притежава XML изход, а се проектира и такъв в SKOS RDF-S формат. CABI има връзка с Agricultural Ontology Service на FAO и Global Forestry Information System (GFIS).

3.6. Тезаурус ITIS [<http://www.itis.usda.gov/plantproj/itis/index.html>] на Janet Gomon от Smithsonian Institution, САЩ. ITIS поддържа научни данни за имена на организми и техните местообитания на 4 езика – английски, испански, френски и португалски. ITIS е структуриран като тезаурус и като таксономия с йерархични връзки между термините и синонимите им.

3.7. Речник SNS [<http://www.enviroinfo2004.org/cdrom/Datas/AbstractEnviroinfo-final-ruether.htm>] на Maria Ruether, UBA-Germany & Thomas Bandholtz, SchlumbergerSema. SNS съдържа 39,000 термина за околната среда на немски и английски, географски справочник с около 50,000 географски наименования на немски и административни наименования на национални паркове и вододайни зони. SNS съдържа и хронология на приблизително 600 исторически и съвременни събития в околната среда, класифицирани според типа им (конференции, морски катастрофи и т.н.).

3.8. Многоезичен тезаурус за околната среда на Министерството на околната среда на Испания (Carmen Casal Fornos & Arantza López de Sosoaga, MMA). Целта на този тезаурус е да стандартизира тази терминология, която се използва и в други сектори.

3.9. Проект IATE [http://www.lexicool.com/dictionaries_finnish.asp] за координиране и хармонизиране на терминологията в Европейската общност (Dieter Rummel).

3.10. Многоезичен тезаурус TNO-NITG [http://www.bgs.ac.uk/cgi_web/tech_collaboration/mlt/thesaurus.html] за геонауки на Jan Jellema, Холандия. Тезаурусът съдържа приблизително 10,000 термина и 6,000 дескриптора на 11 езика. Разделите за хидрология и строителни материали съдържат дефиниции.

3.11. Глосарий *GEMET* и *ЕЕА* [<http://www.eionet.europa.eu/gemet>] на Stefan Jensen, ЕЕА. GEMET стартира през 1996 и поддръжката му приключва през 2001 със затварянето на Topic Centre. Все още, обаче, много организации го ползват. Терминологията е на 90 езика, включваща администрация, социални науки и законодателство. Приблизително 80% от термините са с дефиниции. Продължението на GEMET е глосарият ЕЕА, който е на 24 езика и съдържа около 1100 термина, достъпни от сайта на ЕЕА. Около 50% от термините са идентични с тези от GEMET.

3.12. Тезаурус *TRS* [<http://www.epa.gov/trs/>] на Larry Fitzwater, *USEPA*, съдържа термини с дефиниции и контекстни връзки, основан на част от *GEMET*.

3.13. Тезаурус *AGROVOC* [www.fao.org/agrovoc/] на Margherita Sini, FAO, Рим. Състои се от няколко терминологични ресурса – речник AGROVOC (за земеделие, горско и рибно стопанство, диетика) на 9 езика; речник FAOTERM (земеделие, биология, горско и рибно стопанство, икономика и др.) на 6 езика; и тезаурус AGRIS/CARIS, представляващ йерархична схема от 130 категории на 2 нива и на 5 езика, свързана в AGROVOC.

3.14. Обединен тезаурус *INIS/ETDE* [www.etde.org/edb/reference.html] на Международната информационна система за атомна енергия на Yves Turgeon, IAEA, Vienna. *INIS* е създаден през 1969 г. като съвместна система на 100 държави-членки и 19 международни организации за мирно използване на атомната енергия. Техният главен продукт е библиографска база данни. В много от предметните области основна тема е околната среда – около 14-20% от общото съдържание. *ETDE* е организация, която поддържа терминология в същата област и понастоящем е обединена с *INIS*. Речниците *INIS* са на английски, френски, немски, руски и китайски. Разработва се превод и на арабски.

3.15. Тезаурус *ENVOC* на Gerard Cunningham, UNEP, Найроби. Първият тезаурус на *UNEP* е въз основа на глосарий, създаден през 1977. Разработена е база данни *INFOTERRA* и през 1977 е преименувана в *ENVOC*. Предназначена е за библиотекарите, документалистите, проектантите на бази данни и практики в областта на информацията за околната среда, предимно от развиващите се страни. Понастоящем *ENVOC* е на 23 езика и с три-степенна йерархия на термините, като съдържанието му е твърде обобщено.

3.16. Тезаурус на *UNESCO* [<http://www2.ulcc.ac.uk/unesco/index.htm>] на Liane Barsony, UNESCO, Paris. Предназначен е за околната среда, като съдържа над 1,000 термина относно културата и образованието в тази област. Търсенето на дескриптори и техните синоними е на базата на интелигентната търсища машина Albert, създадена от UNESCO. Тя се използва за профилиране на потребителите по тематични интереси чрез портала UNESCO Knowledge Portal, който осигурява достъп до тезауруса.

3.17. Тезаурус *Inter-Water* [<http://www.thesaurus.watsan.net/>] и други WHO източници за здравна и екологична терминология на Mazen Malkawi, WHO/СЕНА, Йордания. Той се основава на тезауруса *IRC Inter-water*, съдържащ термини за водоснабдяване и канализация, събирани в Холандия. Термините са на арабски и английски.

За целите на настоящата разработка, е създаден тезаурус по екоинформатика, чиято структура и разгледана в т. 3.1 на Раздел VI. Публикуван е на адрес www.e-forestinformatics.org/projects/ecoinformatics/.

4. Екоинформационни и екоекспертни системи

Основният инструмент за решаване на задачите в екоинформатиката са двата вида софтуерни системи – екоинформационни и екоекспертни (вж. т.1.2).

4.1. Екоинформационни системи

Екоинформационните системи (ЕИС) са клас информационни системи, които изпълняват една или повече от следните задачи: мониторинг на околната среда, архивиране и достъп до данни, мониторинг и управление на риска, отчитане на състоянието на околната среда, моделиране и симулация, както и поддържане на решения [Athanasiadis I.N, Mitkas P.A. 2004]. Тъй като изискванията за точна и навременна информация нарастват, се увеличава и нуждата от вграждане в ЕИС на интелигентни решения, което ги доближава до екоекспертните системи (ЕЕС).

В сайта на ISESS [www.isess.org] се казва, че “ЕИС са важен фактор за изследванията, управлението и политиката за развитието на околната среда. Разработването и експлоатацията им е свързана с набор от специфични изисквания, които дори и при съвременното развитие на информационните технологии са трудни за реализация. След 10-годишен период на опити и грешки, провали и успехи, ЕИС достигнаха зрелост. Те се развиват в мултидисциплинарна работна среда, която се променя бързо – както по отношение на информационните технологии, така и относно екологичния сектор”.

4.1.1. Класификация на ЕИС

ЕИС се класифицират според географския си обхват и функционалността си.

4.1.1.1. ЕИС според географския обхват

По този признак се обособяват глобални, национални, регионални и градски ЕИС.

4.1.1.1.1. Глобални ЕИС

Според повечето исторически справки, края на 60-те години е началото на екологичното движение и извеждане на темата за околната среда в международния дневен ред [Castells, 1997]. Стокхолмската конференция по човешката среда (Human Environment) (1972) е общоприета като "стартова точка". Основният резултат от конференцията е създаването на организацията UNEP през същата година [Strong, 1997]. Поради установената липса на знания в тази област, UNEP стартира проект, управляван от GEMS. В края на 70-те години, GEMS създава INFOTERRA – международната информационна система за околната среда, вероятно първата от този вид в света. Все пак, използването на компютрите за екологични изследвания започва още в края на 60-те години [Munn, 1975]. развитието на компютърните системи води до разработването на все по-усъвършенствани модели на околната среда – от локално до глобално метеорологично прогнозиране, от биоразнообразие и хидрология до замърсяването

от трафика и т.н. Трудно е да се намери област от науките за околната среда, в която да не се прилага компютърно моделиране.

Следващата важна ЕИС на UNEP е GRID. Тя е проектирана около 1981-1983 г. с мисията да координира, в рамките на обща географска еталонна система, огромното количество данни, които GEMS, UNEP и други специализирани организации вече са събрали. Забележително е, че в сърцето на GRID е GIS и че цифровата географска информация е главния ресурс, осигуряван от GRID. GRID е създадена с ГИС ARC/INFO на ESRI.

Следват нови системи на UNEP – UNEPnet и регионални системи като BALLERINA, EIS-SSA и др.

Отделно, ООН от 80-те години разполага със собствена ЕИС, съдържаща три компоненти: модул за проследяване и мониторинг на проекти; модул с информация за защитени зони, екологично законодателство, икономическа библиография и др. на всяка държава; и модул за обработка на данни.

4.1.1.1.2. Национални ЕИС

Първата национална екологична информационна система е на Канада (NEIS), която от друга страна е свързана с първата ГИС в света (Canada GIS, CGIS). Създадена между 1960 и 1969, CGIS става главното хранилище на различни данни за околната среда. Тя се развива по-късно под наименованието *Canada Land Data System*, която се поддържа от специална агенция за ЕИС – Environmental Information Systems Division.

NZDIS (New Zealand Distributed Information System) [Cranefield and Purvis 2001] е новозеландска ЕИС, базирана на софтуерни агенти, за достъп и обработка на еко-данни.

Австралийското метеорологично бюро е разработило система FSEP (Forecast Streamlining and Enhancement Project), също базирана на софтуерни агенти за локализиране и обработка на данни за метеорологични прогнози [Dance et al. 2003].

Известни са публикации за национални ЕИС на Италия [nfp-it.eionet.eu.int/NFP-IT/sinainfo.html], Гърция [http://www.minenv.gr/4/41/4106/e410619.html], Хърватия [www.rec.org/REC/Programs/REReP/InformationSystems/], Албания, [enrin.grida.no/htmls/albania/albania.htm], Египет [library.witpress.com/pages/PaperInfo.asp?PaperID=363], Малави [http://cals.arizona.edu/OALS/malawi/Papers/ncepam3.html], Зимбабве [http://www.eis-africa.org/EIS-Africa/publications/publications_bestpractices_zim1.html], Танзания [http://easd.org.za/Eis/EISTZ.htm] и мн.др.

4.1.1.1.3. Регионални ЕИС

Вътрешните ЕИС се създават главно в развитите държави, където съществуват съответните държавни институции.

Специализираните за даден регион ЕИС обикновено са разделени между няколко власти. В САЩ такива системи съществуват за Chesapeake Bay, граничният район между САЩ и Мексико, крайбрежието на щата Вирджиния и региона на Great Lakes (Great Lakes Regional EIS, GLREIS). Други примери са Crown of the Continent (Канада), Red River (на Виетнам – спонсориран от Канада),

Филипините [http://www.geocities.com/mtl145/r8_gis_net.htm], областта Лигурия в Италия [www.feem.it/NR/Feem/resources/conferences/PRE2002_02-04-01-Ansea.pdf] и т.н.

4.1.1.1.4. Градски/столични ЕИС

Градската среда има своя мрежа от източници. Както и регионалните и националните екологични служби, градските еко-служби създават информационни системи за наблюдение и управление на околната среда. В сравнение с разгледаните ЕИС, градските правят опит за контакт с по-широка публика чрез поддържане на "еко-атласи" [www.ecoatlas.org] и интерактивни информационни "павилиони" [http://www.lakelasvegas.com/realestate_informationpavilion.asp]. Осигурен е свободен достъп до данни за околната среда от тези ЕИС, например, Берлинската ЕИС [http://www.stadtentwicklung.berlin.de/index_en.shtml].

4.1.1.2. ЕИС според функционалността

Според функциите си ЕИС са три големи класа: традиционни информационни системи, системи за мониторинг, моделиране, симулиране и анализ, и системи за поддържане на решения за околната среда (EDSS).

4.1.1.2.1. Традиционни информационни системи

В точния смисъл на думата това са web-базирани информационни системи за архивиране, търсене и извличане на документи за околната среда. Такива ЕИС са *INFOTERRA*, индустриални ЕИС и системи като *GAIA* или *HOLIT*. Информацията, която съхраняват, не е свързана с директни измервания на околната среда, а с консултации, инвентаризация на рискове, законодателство и др. Например, ЕИС за ISO 14000 поддържа архив и справки за документацията на едноименния стандарт (вж. т.4.3).

Други такива ЕИС са *DIWA* и *H.I.R.N.* *DIWA* [Henning et al. 1999] поддържа web-архив на документи за околната среда (напр., протоколи, наредби, отчети и др.). Той е структуриран в тематичен и организационен аспект и е независим от която и да е файлова и сървърна система. Поради това лесно се реорганизира според структурата на всяка организация. Публичната част на системата позволява колективен достъп до документи чрез избор на подходящи метаданни за описанието им. Последната версия на *DIWA* предоставя възможност за въвеждане на знания в база знания, но все още не се поддържат механизми за извеждане на нови знания.

ЕИС *H.I.R.N.* е Интернет-базирана система, предназначена за наредби и закони за околната среда [Riekert et al. 1997, Strauß et al. 2000]. Съдържанието ѝ се осигурява чрез издателските къщи. Потребителите на *H.I.R.N.* разполагат с дискуссионен форум, където могат да допълват съдържанието с техни лични интерпретации и коментари, достъпни свободно за всички или избрани потребители. Коментарите и онлайн дискусиите са важни за корпоративните познания на организациите относно наредбите и правилниците. В добавка към възможността за явно осигуряване на знания, с *H.I.R.N.* могат да се получат и неявни знания за околната среда чрез концепцията за профили. В един профил се дефинира структурирана съвкупност от документи, подходящи за изпълнението на

специфична задача. Потребителите могат да изградят толкова профили, колкото изисква тяхната задача. Предстои създаването на модул в *H.I.R.N.*, който да създава автоматично явно знание от неявното такова.

4.1.1.2.2. Системи за мониторинг, моделиране, симулиране и анализ на еко-данни

В този клас *ЕИС* много често се идентифицират с *ГИС* [Fonseca F., M.J. Egenhofer, P. Agouris, G. Câmara 2002]. Повечето *ЕИС* понастоящем спадат към тази група. Функциите им се заключават в мониторинг, събиране на груби данни, статистика и визуализация на информация, както и за анализ и моделиране на природни процеси и явления. *ГИС* са ядрото на тези *ЕИС*, защото в много случаи *ГИС* притежават тези функции.

Интересно е да се отбележи, че първите *ЕИС*, както и *ГИС* са чисто информационни системи – свързват ограничен обем атрибутивна информация с пространствено определени обекти. Понастоящем проблемът с пространство за съхранение на голям обем информация не съществува, поради което те съдържат богат набор от функции за анализ и моделиране.

Все по-често съвременните *ЕИС* притежават компоненти за обработка на знания.

Една такава система е *PADDLE*. Тя представлява цифрова библиотека, съдържаща хиляди документи за околната среда (текстове, изображения, таблици и др. за състоянието на околната среда в Германия) [Tochtermann K., Maurer H. 2000]. Предназначена е за поддържане на знания в корпоративна среда. Подходът за изграждане на корпоративно знание с *PADDLE* е в три аспекта. Първо, организацията трябва да определи типа на знанието, което желае да предостави в корпоративната среда. Типовете знание са: документация на продукцията, протоколи, отчети на проекти, работни практики и др. Второ, да категоризира групите потребители, използващи базата знания. Трето, за всеки тип знание да се осигурят шаблони, които улесняват анализаторите в подготовката на знанията, които се добавят към корпоративната среда.

Системата *SAEM* предлага използване на роботизирани агенти под формата на модели на хеликоптери, които наблюдават и оценяват замърсяването от комините на енергийни предприятия [Seco et al. 1998].

Чрез системата *RAID* се наблюдават и контролират вредни вещества в закрити помещения [Micucci 2002].

Мултиагентният симулатор *GEMACE* моделира взаимодействието между ловци, фермери и популация от патици в един хабитат. Изследва се и влиянието на човешките дейности върху околната среда в хабитата [Thoyer et al. 2001].

4.1.1.2.3. Системи за поддържане на решения за околната среда (*EDSS*)

EDSS са системи за усъвършенстване на процеса на вземане на решения за екология и околна среда. Представяват информационни системи, предназначени за хора, които вземат решения в определена сфера, като им предлагат една или повече алтернативи [Poch M. et al. 2004].

Известни са такива системи за моделиране на качеството на въздуха [Loughlin D. H., Ranjithan S. 1995], биоразнообразие, управление на риска, оценка на околната среда, управление на гори и земи, обработка на отпадъци и отпадни води, глобални климатични промени и т.н.

Например, *Models-3*, *OPANA*, *CATEF*, *SAQM* са EDSS за качество на въздуха [<http://www.arb.ca.gov/html/soft.htm?PF=Y>]. *STAU-Wien* е EDSS в помощ на изследването на развитието на Виена и предградията ѝ, като симулира минали и бъдещи процеси в ландшафта на града и се използва за поддържане на решения за миграция и разполагане на домакинства и търговски обекти [Loibl, Toetzer 2003].

Тези системи са тясно свързани и понякога се вграждат в експертни системи.

4.2. Еко-експертни системи

Повечето от изследванията и публикациите, посветени на приложението на методи и инструменти за обработка на знанията в областта на екоинформатиката, се насочват към прилагането на експертни системи.

Експертните системи (наричани още системи, базирани на знания, Knowledge-Based Systems (KBS)) решават специализирани задачи на нивото на човек-експерт. Притежават две основни компоненти – база знания и машина за изводи [www.orafaq.com/glossary/faqglose.htm].

В областта на екоинформатиката се проектират и разработват т.нар *еко-експертни системи* (Environmental Expert Systems, EES) [Davis D., Sharp B. 1999], чиито основни функции се заключават в:

- генериране на експертизи за екология и околна среда;
- усъвършенстване на отчетността на резултати, изготвена от специалист;
- осигуряване на структурен подход за оценка на въздействията върху околната среда;
- помощ за обработка на огромен обем задачи за оценка на въздействията на околната среда.

В зависимост от използваните теоретични подходи и алгоритми за реализацията им, EES са базирани на софтуерни агенти, на изкуствени невронни мрежи, на размита логика и др.

4.2.1. EES, базирани на софтуерни агенти

Такива системи са:

- *D-NEMO* – експериментален прототип, инсталиран в мрежата за мониторинг на въздуха в Атина [Kalapanidas and Avouris 2002]. Агентите вграждат класификационни и регресионни дървета, разсъждения, базирани на факти и ANN за прогнозиране на замърсявания;
- *EDS*, използвана за поддържане на решения относно оценка на околната среда, планиране и оценка на проекти. Конкретно, помага на проектантите да подберат подходящо място, гарантиращо съответствие със законите и съществуващите планове за развитие [Malheiro, Oliveira 1996, 1997];

- *NED-2*, разработена от Университета на Джорджия и Горска агенция USDA, САЩ [Athanasiadis I.N, Mitkas P.A. 2004] за симулиране на горски екосистеми с цел планиране и оценка на алтернативи. Предлага модели на растеж и добив, на планове за управление и за анализ на цели;
- системи *PICO* [Perini, Susi (2004)] и *IDS-DAP* [Matsatsinis N., Moraitis P., Psomatakis V., Spanoudakis N. 2003] които поддържа решения в областта на земеделието;
- система *ESAT-WMR* за поддържане на решения на водните компании във Великобритания относно възстановяването на ресурси (водопроводи) и за отношенията им с други организации [Davis D., Sharp B. 1999];
- *MAGIC* е предназначена за диагностика в сложни екосистеми. Използва се и други области [Körpen-Seliger et al. 2001]. Подобна система за мониторинг и диагностика, разработена от същия екип, е *DIAMOND* [Albert et al. 2003].
- *SHADOC* [Barreteau O., Bousquet F. 2000] използва софтуерни агенти за симулиране на поведението на земеделците, включени в напояването на Сенегалската долина.
- Подобна е и системата *CATCHSCAPE* [Vecu et al. 2003], която симулира напояване в Северен Тайланд чрез софтуерни агенти, представящи всички обекти, свързани с хидроложкия басейн.
- *SINUSE* [Feuillette et al. 2003], която също използва агенти за моделиране на Каирския воден басейн, Египет. Те моделират човешкото поведение и по-точно – социоекономическите взаимодействия при свободен достъп до водна маса.

4.2.2. ЕЕС, базирани на изкуствени невронни мрежи

За симулиране на метеорологични процеси Покровски [Pokrovsky 1998] прилага комбинация от невронни мрежи и размита логика. Това изследване е тясно свързано с проучването на глобалните климатични промени и сложните процеси в екосистемите.

Системата *Venema* илюстрира използването на невронни мрежи за пречистване на отпадни води, по-точно – за прогнозиране на концентрацията на амоняк в тях. [Venema et al. 1998].

В [Dandy G.C., Bowden G.J., Maier H.R. 2005] и [Shen Jun et al. 2006] са изследвани модели, базирани на *ANN*, за прогнозиране поведението на различни водоизточници.

4.2.3. ЕЕС, базирани на размита логика

Търсенето по ключ "fuzzy expert systems" в Google изведе над 50,000 резултата. Голяма част от тези теоретични и практически разработки се отнасят до прогнозиране и контрол на екосистеми и околна среда. Някои от по-интересните са:

- *MEDEX* [<http://www.nrlmry.navy.mil/~medex/tutorial/medex/fuzzy.html>] за прогнозиране на времето в Средиземноморския регион.

- *SIGMAR* [Hansen, B. K. 1997] – експертна система за метеорологично прогнозиране на морски ветрове.
- *LOMA* [Dokas I. 2005] – експертна система за контрол на сметища.
- експертна система за прогнозиране на свлачища на горски пътища в Япония [Yoshimura T., Kanzaki K. 1996].

4.2.4. Други ЕЕС

4.2.4.1. ЕЕС за оценка при ограничен брой наблюдения

Heller [Heller et al. 1998] използва технология за диагностика, базирана на модели за оценка на екосистеми при ограничен брой наблюдения. Тези оценки са решаващи за възможното лечение или третиране на симптоми за привеждане на една екосистема в състояние, съответстващо на специфични цели.

4.2.4.2. ЕЕС на базата на подкрепящо обучение

В [Wiering et al. 1998] е описана интелигентна система, базирана на подкрепящо обучение (reinforcement learning). Системата е в помощ на специалисти и мениджъри по горски пожари.

4.2.4.3. Експертна система за изчисление на индикатор "Ipest"

Индикаторът "Ipest" отчита ефекта от приложението на пестициди в земеделието [van der Werf H.M., Zimmer C. 1998].

4.2.4.4. ЕЕС за обучение

EMMA (Environmental Monitoring and Measurement Advisor) е световна експертна система, спонсорирана от *NSF* и предназначена за ръководители на проекти, администратори и всички, които използват или предлагат лабораторни услуги за анализ на параметри на околната среда [<http://www.emma-expertsystem.com/>]. С нея се планират усъвършенствани и евтини проекти за мониторинг на околната среда. Тя е ефективна и за целите на обучението.

4.2.4.5. ЕЕС за земеделие

PRO-PLANT е съветваща система, базирана на знания за растителна защита [Visser et al. 1999a], която осигурява консултации за гъбични заболявания и растежни регулатори за зърнени култури и захарно цвекло, както и за използване на хербициди за зърнени култури и зимна рапица.

4.2.4.6. ЕЕС за оценка на околната среда

- *XUMA-GEFA* [Ferse et al. 1997] помага за оценката на замърсяването на околната среда в индустриални зони, като предлага и конкретни препоръки за действие.
- *SCREENER* [Nathan P.D. 1994] е експертна система за оценка за влиянието на проекти върху околната среда. Предоставя на потребителя възможност за избор от меню на дейностите по проекта, след което системата чрез базата си от знания оценява проекта по 5-степенна скала.

- *IMPACT* е система за анализ на състоянието на околната среда в американския щат Северна Каролина [Geraghty, 1993].

4.2.4.7. ЕЕС за горско стопанство

- *FOREX* [Dorn et al. 1998] е разработена за управление на горски стопанства и по-специално – за възстановяване на горски екосистеми с преобладаващ норвежки смърч. Тя прилага методология за осигуряване на горските специалисти с конкретни препоръки за тази дейност.

Въпреки множеството опити за интегриране на обработката на знания в ЕИС, може да се каже, че повечето от тези системи са на прототипно ниво. Много малко от тях се използват на практика в еко-организациите.

5. Типове и структури на данни в екоинформатиката

Екоинформатиката използва методите и технологиите на класическата информатика за събиране, анализ, интерпретиране, разпространение и използване на еко-данни. Тези данни са пространствено и времево локализирани, твърде обемисти и хетерогенни по състав. Според предназначението си са два основни типа – за околна среда и за екосистеми (вж. дефинициите в Приложение 1). Отнасят за обекти като: атмосфера, води, почви, релеф, флора, фауна, микроорганизми, климат, антропогенни обекти (селища, инфраструктура, промишлени и земеделски обекти) и т.н.

Тези обекти са геопространствени, описанието на които според [Gomes J., Velho L. 1995] се свежда до четири нива на абстракция, а именно – физическо, математическо, представително и структурно. Реалните обекти във физическия универсум се формализират в математическия, дискретизират се в представителния и се структурират с абстрактни типове данни в универсума на информационните системи.

5.1. Типове еко-данни

Еко-данните (или грубата, необработена еко-информация), като вид геопространствени данни, се характеризират с атрибутна, пространствена и времева компонента. Характерно за еко-данните, обаче, е че за разлика от другите геопространствени данни, *времевата компонента* е задължителна и оказваща съществено влияние върху всички останали. Тя се обуславя от многообразието на видовете, разположението, времето и връзките между изследваните обекти и процеси в една среда или екосистема. Формално се изразява с период и/или дата/час.

Пространствената компонента включва данни за координати (декартови, географски и др.), геометрична форма и топология.

Атрибутите са описателни данни от тип текст (наименования, идентификатори, описания и др.) и числа (качествени и количествени стойности).

5.2. Структури на еко-данни

Еко-данните се характеризират със силно изразена семантична хетерогенност. Те са със сложна йерархична структура, която силно зависи от конкретното им

приложение. Например, пространствени нива са: административно и географско деление, всяко от което притежава множество поднива.

5.3. Стандарти за представяне на екологични данни

За ефективното търсене, локализиране, разпространение и използване на еко-данните е задължително стандартното им описание чрез *метаданни*.

Най-използваните стандарти за метаданни в областта на екологията са:

5.3.1. Език за екологични метаданни EML

За спецификация на метаданни за нуждите на екологията се използва език **EML**, разработен от **ESA** и асоциирани организации [Michener et al. 1997]. **EML** е базиран на **XML** и различава 4 типа ресурси: множество от данни, литература, протокол и софтуер. Всеки ресурс притежава общи и специфични дескриптори. Например, общи дескриптори са заглавие, създател, а специфичен дескриптор за ресурс литература е ISBN.

Анотаторът MORPHO [<http://knb.ecoinformatics.org/software/eml/>] се използва за създаване на екологични метаданни, базирани на **EML**.

5.3.2. Стандарт FGDC

Използва се в Environmental Information Management System [User Guide, 2001], [<http://www.epa.gov/eims/index.html>], която е web-базирана система за разпространение на формуляри за метаданни за персонала на **EPA** и други лица.

Създаването на метаданни по стандарта FGDC е улеснено със софтуерния пакет MetaMaker.

5.3.3. Стандарт ISO 14000

ISO 14000 [<http://www.iso14000-iso14001-environmental-management.com/>] е фамилия от стандарти за *системи за управление на околната среда (EMS)*, разработвани от края на 80-те години. През 1996 г. е създаден най-важния стандарт, ISO 14001, в резултат от конференцията в Рио през 1992 [www.un.org/geninfo/bp/enviro.html], който съдържа рамка за 6-те принципа на устойчивото развитие в процеса на управление. Основава се на общата структура на стандарта ISO 9000. Обхваща предписания за методи и технологии, подпомагащи процеса на вземане на решения в една организация в частта за опазване на околната среда.

5.3.4. Други стандарти

Освен специализираните, се използват и общи стандарти: Biological Data Profile [<http://www.fgdc.gov>], Dublin Core [<http://dublincore.org/>], Darwin Core [<http://wiki.tdwg.org/twiki/bin/view/DarwinCore/WebHome>] и Open GIS [<http://gislounge.com/features/aa030600.shtml>].