

МОНИТОРИНГ И ПРЕВЕНЦИЯ ОТ ЕКОЛОГИЧНИ БЕДСТВИЯ ЧРЕЗ ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗЕМНО-НАСИПНИ СЪОРЪЖЕНИЯ НА РЕЧНИ КРАЙБРЕЖИЯ И МИКРОЯЗОВИРИ ЧРЕЗ ГЕОРАДАР

Ралица Берберова, Георги Петров, Ласко Ласков

*Нов български университет
e-mail: rberberova@nbu.bg*

Ключови думи: мониторинг, превенция, екологични бедствия, георадар

Резюме: Целта на настоящия доклад е да представи преимуществата, свързани с използването на интегриран високотехнологичен радиочестотен георадарен метод за безразрушителен мониторинг на земно-насипни съоръжения на речни крайбрежия и микроязовири. Обсъдени са основните дейности, които държавата подлага и следва да подложи на регулация и контрол, свързани с поддръжката на огромния брой неохраняеми в момента съоръжения. Акцентира се на възможността за използване на мобилен георадар, съчетан с възможностите за допълнителна компютърна обработка на резултатите от измерването и ползването на реални данни за създаване и компютърно моделиране на подобни съоръжения с цел прогнозирането на тяхното състояние във времето и при кризисни ситуации.

MONITORING AND PREVENTION OF ECOLOGICAL DISASTERS BY GEORADAR RESEARCHES ON RIVAR AND DAM EMBANKMENT CONSTRUCTIONS

Ralitza Berberova, Georgi Petrov, Lasko Laskov

*New Bulgarian University
e-mail: rberberova@nbu.bg*

Keywords: monitoring, prevention, ecological disasters, georadar

Abstract: The goal of this report is to present the advantages of the usage of integrated high-technology radiofrequency georadar method for nondestructive monitoring of embankment dams of riversides and small dams. We discuss the main activities that are connected with the maintenance of the great number of currently unguarded facilities and that are regulated and have to be regulated and controlled by the government. A special attention is paid on the possibilities to use a mobile georadar combined with the abilities of additional computer processing of the measurements results, and the usage of real data for the purposes of computer modeling of such facilities and prediction of their condition in future and in crisis situations as well.

Въведение

В последните години както в световен мащаб, така и в България броят на природните бедствия се увеличава [1, 2, 3]. Страната ни е най-уязвима от наводнения (по статистически данни) и от земетресения (България се намира в една от най-сеизмичните зони по света) [4, 5, 6].

Минимизирането на щетите от екологични бедствия е актуален проблем както за страната ни, така и за света. Изграждането на земно-насипни съоръжения от една страна са основна конструктивна част при някои видове съоръжения (микроязовири), а от друга, в случаите с речните крайбрежия, тяхната роля е превантивност по отношение на наводнения. Развитието на технологиите, какъвто пример е георадарният метод, разширяват възможностите за провеждане на превантивен мониторинг на тези съоръжения. Методът спада към неструктивните методи за изследване, също така този подход е екологосъобразен, като се постигат съществени минимизации на разходите, свързани с класическите сондажни

подходи за подобен вид изследвания. Методът набира все по-голяма популярност в практиката за инженерно-геоложки изследвания, търсене на подземни води, подземни комуникации, археоложки проучвания, откриване на затрупани хора, откриване на опасни обекти, откриване и картографиране на стари подземни съоръжения, канали и др. В страната ни методът основно се прилага в областта на археологията и инженерно-геоложките проучвания за строителството. Резултатите от многократните георадарни измервания позволяват последващата им цифрова обработка и агрегиране [7] с цел автоматично генериране на по-прецизен компютърен 3D модел на реалната структура в сравнение с ползването на електроимпеданския подход [8].

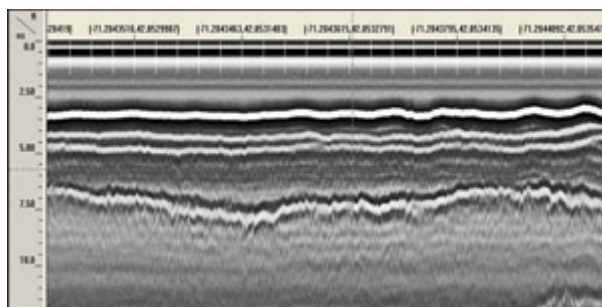
Целта на изследването е въз основа на георадарни изследвания да се изготви методика за изследване на земно-насипни съоръжения на речни крайбрежия и микроязовири с георадар с цел мониторинг и превенция от екологични бедствия.

Апаратура

В изследването се предвижда да бъде използван георадар (GPRS - Ground Penetrating Radar System), модел X3M (производство на шведската фирма MALA [9]). GPR е геофизичен метод, при който се използват радиовълни за картиране на подземни обекти или повърхнини. Методът често може да бъде комбиниран с използване на прецизни магнитометри и други чисто механични подходи за вертикален разрез на изследвания терен. Този метод е ефективен, лесен за използване и сравнително евтин при картиране на повърхнини между подземни материали с различни диелектрични свойства. Преносимата система се състои от основен контролер (компютър, снабден с нужния софтуер), модулатор, антена-излъчвател и приемател, прецизен селективен многочестотен приемник и система за дигитализация, насочена антена в защитен кожух. Принципът на работа на GPR се основава на свойствата на радиовълните да преминават и да се отразяват от материали с различна плътност. Отразеният сигнал от различните земни пластове се приема и дигитализира в GPR. Данните за всяко едно измерване (пробождане) съдържат информация за вертикалната земна структура или структурата на изследвания обект. Информацията за отделните пробождания се събира в двоични файлове. Освен резултатите от измерванията GPR записва в отделен файл допълнителна информация, касаеща конкретните условия на измерване: работна честота, резолюция — брой стойности за едно измерване, излъчена мощност, брой измервания в една линия, GPS (Global Positioning System) координати и др. Тези данни в последствие могат да бъдат компютърно обработени и визуализирани в 2D и 3D разрези по начина даден по-долу (фиг. 1).

Георадарът е добре приложим при изследване на подземни обекти като:

- Антропогенни обекти - всички съоръжения от различни видове материали, железобетон, пътни насипи, подземни резервоари, кабелни шахти, граници на изкопи, заровени отпадъци и др.
- Природни геоложки условия като промени в състава на почвата, дебелина на лед, ниво на подпочвени води, материкова скала, валуни, малки парчета скала, естествени кухини и др.



Фиг. 1. Софтуерно реконструиран надлъжен вертикален разрез на терен, направен с георадар

В зависимост от използваните работни честоти на георадара може да се получат различни вертикални и пространствени резолюции на реконструираните изображения. В Табл. 1 са дадени конкретни данни за това. Съществен проблем среща използването на георадара при изследване на глинести и влажни терени, мокър бетон и др., при които се налага провеждане на множество и допълнителни измервания и компютърна обработка на данните.

Таблица 1. Дълбочина на измерванията и радиална резолюция с използване на различни честотни обхвати

Работна честота MHz	Приблизителна радиална резолюция в cm	Приблизителна максимална дълбочина на проникване в метри
25	100	50
50	50	40
100	25	25
250	10	8
500	5	6
800	3	2.5
1200	2.1	1
1600	1.6	0.5
2300	1.3	0.4

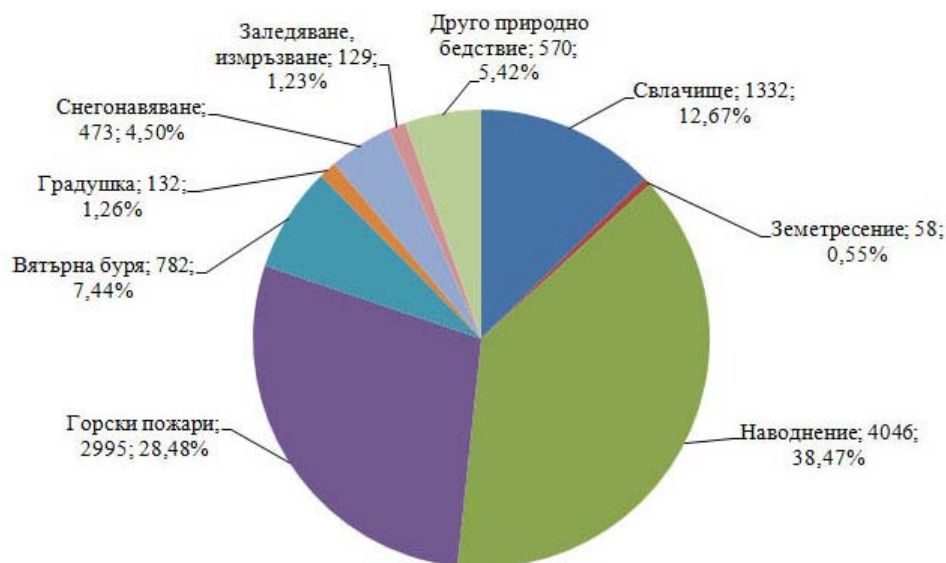
Дискусия

Съществува и доказана тенденция на нарастване на появата на наводнения, свлачища и др. в България [4, 5, 6].

Статистическите данни сочат, че именно наводненията съставляват близо 40% от големите природни заплахи за страната ни (2004-2008) (табл. 2 и 3, фиг. 2 и 3) [10].

Табл. 2. Брой кризисни събития в България по групи за периода 2004 – 2008 г. [по данни на НСИ]

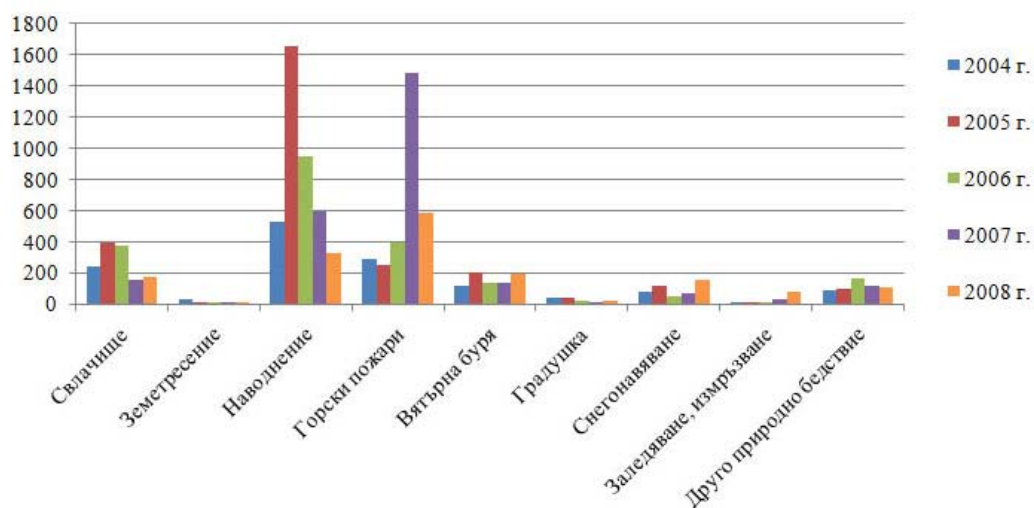
Група кризисно събитие	Вид природно бедствие	Кризисно събитие, бр.
Природни бедствия	Свлачище	1332
	Земетресение	58
	Наводнение	4046
	Горски пожари	2995
	Вятърна буря	782
	Градушка	132
	Снегонавяване	473
	Заледяване, измръзване	129
	Друго природно бедствие	570



Фиг. 2. Относителен дял на природните бедствия в общините в България по години и по вид бедствие за периода 2004 – 2008 г. [по данни на НСИ]

Табл. 3. Брой на природните бедствия в общините в България по години по вид бедствие за периода 2004 – 2008 г. [по данни на НСИ]

Природно бедствие	Година					Общо 2004 – 2008 г.
	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	
Свлачище	238	392	374	151	177	1332
Земетресение	31	9	3	1	14	58
Наводнение	531	1657	945	591	322	4046
Горски пожари	291	251	392	1479	582	2995
Вятърна буря	115	204	136	137	190	782
Градушка	40	45	17	13	17	132
Снегонавяване	82	121	49	68	153	473
Заледяване, измръзване	1	15	8	28	77	129
Друго природно бедствие	90	100	162	114	104	570
ОБЩО	1419	2794	2086	2582	1636	10517



Фиг. 3. Брой природни бедствия в България по вид и по години, 2004 – 2008 г. [по данни на НСИ]

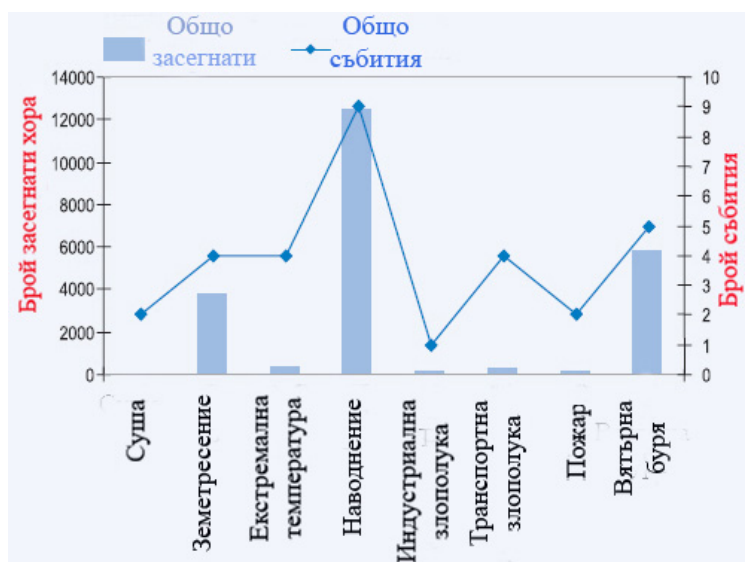
По данни на ООН за периода 1974 – 2006 г. наводненията се нареждат на първо място сред природните бедствия, които са станали в България (фиг. 4) и са довели до отнемането на човешки живот (фиг. 5) и сериозни социално-икономически последици (фиг. 6 и 7) [11].



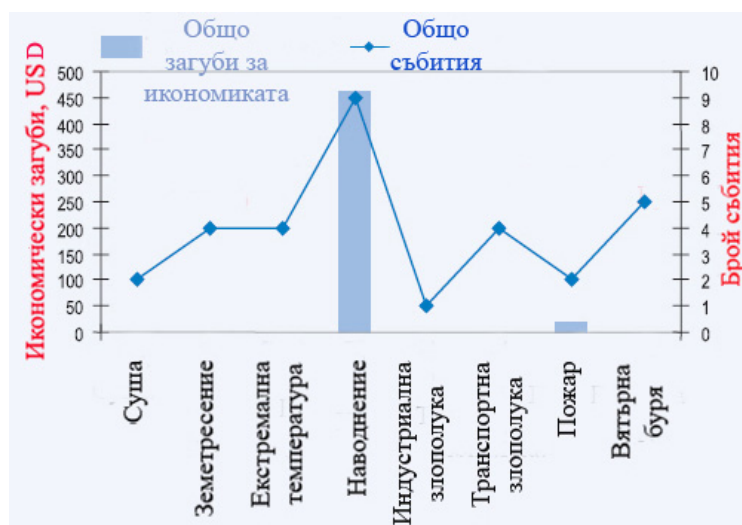
Фиг. 4. Съотношение на различни бедствия в България, 1974 – 2006 г.) [по данни на ООН]



Фиг. 5. Съотношение на станали бедствия и загинали хора в България по вид бедствие, 1974 – 2006 г. [по данни на ООН]



Фиг. 6. Съотношение на станалите бедствия и засегнати хора в България по вид бедствие, 1974 – 2006 г. [по данни на ООН]



Фиг. 7. Съотношение на станалите бедствия и икономически загуби в България по вид бедствие, 1974 – 2006 г. [по данни на ООН]

Наводнението в с. Бисер през януари 2012 г. следствие на скъсана язовирна стена и вероятността от проблеми със стената на яз. Студена следствие на станалото земетресение в района на гр. Перник през май 2012 г., потвърждават необходимостта от мониторинг на земно-насипни съоръжения на речни крайбрежия и микроязовири с превантивна цел.

От територията на България 98 % е уязвима към сеизмично въздействие с интензивност от 8-ма и по-висока степен. Всеки един земетръс би могъл да предизвика нарушения и/или разрушаване на тези недобре или изобщо неподдържани съоръжения. Това от своя страна може да доведе до последващи екологични и социално-икономически проблеми (наводнения, замърсявания, унищожаване на земи, човешки жертви и др.). Друг често срещан проблем в последните години в България е появата на наводнения, като най-рискови са районите около поречията на големите реки и язовирите. Една от превантивните дейности е изграждане на надеждни диги и поддържането им в добро състояние, както и постоянно наблюдение на микроязовирните стени. В това число би следвало да бъдат предвидени и инициативи за информиране на населението за точните функции на тези съоръжения, а също така и криминализиране на недобросъвестното поддържане или умишленото им рушене с цел извличане на инертни материали. Досегашният опит показва, че голям процент от причинените щети, свързани с разкъсване на подобни земно-насипни съоръжения, е свързан именно с недоброто им стопанисване или умишлено разрушаване. Евентуалните нарушения в целостта и конструкцията на земно-насипните съоръжения може да доведе до сериозни последици както за околната среда, така и в социално-икономическо отношение. Други геоложки явления, които могат да окажат негативни влияния върху устойчивостта на тези съоръжения, са свлачищата и свлачищните процеси, които наред със земетресенията и наводненията, са на водещи позиции като природни опасности в страната ни [4]. Високата уязвимост на България от споменатите по-горе опасности, предполага провеждането на мониторинг на земно-насипните съоръжения с цел минимизиране на последиците от тяхната неизправност. Не на последно място следва да се отбележи, че в България има и множество язовири, като около 12 % от тези с високи стени са изградени по каменно-насипен метод и още по-голямо количество (около 86 %) са изградени по земно-насипен метод [12]. Тези съоръжения изискват перманентен контрол и следене на целостта на структурата им, предвиждайки и избягвайки тяхното внезапно саморазрушаване вследствие на експлоатацията им.

Необходимостта от мониторинг на тези съоръжения дълги години бе negliжирана, като се пренебрегваше високото социално-икономическо значение. С цел избягване на критични ситуации като създадите се в последните няколко години (2005 - 2012) е необходим контрол върху състоянието на тези съоръжения [13]. При предприемане на навременни мерки от страна на отговорните институции, щеше да се избегне бедствието в с. Бисер от началото на 2012 г., което беше следствие на наводнение от скъсана язовирна стена.

Описание на изследването

Подобно изследване има интердисциплинарен характер и попада в обхвата на научно-приложните изследвания. За постигане на целта на изследването, изготвяне на методика за изследване на земно-насипни съоръжения на речни крайбрежия и микроязовири чрез георадар с цел мониторинг и превенция от екологични бедствия, е необходимо да бъдат извършени следните основни научни задачи: изследване на природни опасности, застрашаващи устойчивостта на изследваните съоръжения; изследване на екологични последици от разрушаване на изследваните съоръжения; запознаване с действащата регулативна и законова рамка; анализ на икономическата целесъобразност на георадарните проучвания; анализиране на техническите възможности и изисквания към георадара за приложение в различни ситуации и за изследване на различни съоръжения; теренни изследвания на отделни обекти; натрупване на база данни с резултати от измерванията, разчитане и анализиране на радарграми, които да бъдат съхранени в база данни използвана за сравнение и обучение; измерване на техническите параметри на апаратурата; използване и разработка на компютъризирани 2D и 3D модели за визуализация на радарграми и различни техни срезове, както и възможност за автоматизирана сегментация и класификация на обектите (уейвлет анализ) в тях (изследване на възможностите за прилагане на метода на крайните елементи за провеждане на деструктивни симулации за издръжливостта на различни скално и земно-насипни съоръжения и др.).

Наред със стандартните подходи за обработка и анализ на радарграми ще бъдат приложени методи, базирани на едномерна уейвлет трансформация [14] на всяко отделно замерване на радара. Уейвлет разложението на радарграми ще позволили отделянето на шума от информативната част на сигнала без да бъде загубена частта от сигнала, съдържаща информацията за търсените обекти, което ще облекчи последващата компютърна обработка на

данните. Представянето на радаграмите в различни резолюции и техния анализ ще позволи разработката на методи и алгоритми за автоматично или автоматизирано откриване на обекти в изследваните данни. Уейвлет представянето на сигнала би позволило изграждането на обектно пространство от уейвлет дескриптори, които биха могли да се използват при обучението на класификатор без учител, който да подпомогне автоматичния анализ на радаграмите на едно научно-експериментално ниво.

Изготвянето на подобна методика ще разшири възможностите за мониторинга им и ще допринесе за минимизиране на щетите при възможно тяхно нарушаване и/или разрушаване. Използването на модерни софтуерни приложения позволява да бъдат създадени триизмерни функционални модели на изследваните съоръжения и натрупването им в база данни с цел обучение и референтен анализ.

Заклучение

С цел минимизиране на появата на бедствия и създаващите се от тях критични ситуации, като кризисните събития развили се през последните няколко години в страната ни, е необходимо наред с мероприятията по текущо поддържане на тези съоръжения да се провежда и регулярен структурен мониторинг. Предлаганият подход е икономически оправдан, екологосъобразен и неговото прилагане би повишило информираността на ресорните министерства, агенции и общини относно реалното състояние на големи и малки земно-насипни съоръжения на речни крайбрежия и микроязовири. Един от начините за това е тяхното изследване и моделиране чрез съвременна високотехнологична цифрова апаратура, каквато е георадарът. Освен това, предлаганият подход е абсолютно инфраструктурно независим, като така всяка община би могла да поръча или дори сама да осъществява регулярен мониторинг на земно-насипни съоръжения, излизаци извън преките ѝ права на собственост, но реално имащи съществено значение за нормалния икономически и социален живот на населението и бизнеса на нейната територия. В контекста на това би могло и е препоръчително да се разработи достатъчно достъпна и готова за внедряване методика и процедури за извършване на този тип мониторинг, а също така да бъдат обучени достатъчно количество компетентни специалисти, способни да извършват подобен мониторинг. Настоящият обзор има за цел да даде обща представа за целия обем предварителна подготовка и работа, както и очакваните резултати, с възможностите на масово приложение в съкратени срокове.

Благодарности: Настоящата работа е осъществена с финансовата помощ на ФНИ към МОМН (договор ДФНИ-М01/9/22.11.2012 г.).

Литература:

1. Б е р б е р о в а, Р. 2011. Аналитичен обзор на природните бедствия по света. Сборник с доклади от научна конференция с международно участие "Космос, екология, нанотехнологии, сигурност" SENS'2010. БАН. 321-327
2. Национален статистически институт. Кризисни събития. <<http://www.nsi.bg/otrasal.php?otr=18>>
3. EM-DAT. The International Disasters Database. <<http://www.emdat.be/>>
4. Б е р б е р о в а, Р. 2008. Природни бедствия в България – състояние и тенденции. НБУ. София. 148.
5. Б е р б е р о в а, Р. 2012. Рисковете от природни бедствия за РБългария. Сборник с доклади от международна научна конференция „Екологизация 2011“. НБУ. I 123-128.
6. Б е р б е р о в а, Р. 2012. Уязвимост на България от природни бедствия, Сборник с доклади от научна конференция с международно участие "Космос, екология, нанотехнологии, сигурност" SENS'2011, БАН. 276-282.
7. L i u L., M. Oristaglio. GPR SIGNAL ANALYSIS: INSTANTANEOUS PARAMETER ESTIMATION USING THE WAVELET TRANSFORM. Department of Geology and Geophysics, University of Connecticut. Storrs. CT 06269-2045. USA. Schlumberger-Doll Research, Ridgefield. CT 06877-4108. USA
8. В ъ р б а н о в, Р. Използването на съвременни геофизични методи за диагностика за земно-насипни язовирни стени. УАСГ, Катедра „Геотехника“. 5th Bulgarian-Austrian Seminar R.6 SMALL DAMS AND HPP. 30 March 2012. Sofia
9. Наръчник за използване на GPR X3M. MALA.
10. Б е р б е р о в а, Р. 2012. Анализ на природните бедствия в България за периода 2004-2008 г., Сборник с доклади от научна конференция с международно участие "Космос, екология, нанотехнологии, сигурност" SENS'2011, БАН. 267-275.
11. South Eastern Europe Disaster Risk Mitigation and Adaptation Initiative. UN. Geneva. 2008.
12. Т о ш е в, Д. Насипните язовирни стени в България – настояще и перспективи. УАСГ. София
13. Хроника на големите наводнения май 2005 - юли 2006 година. БНТ. 2006. <<http://infocenter.bnt.bg>>
14. M a l l a t, S. 1989. A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 11 (1989), 674–693.