

Анализ на чувствителността на риск-моделите

Владимир Томов, Любомир Владимиров

***Sensitivity Analysis of Risk-models.** The paper identifies and recommends methods, which are appropriate for analysis of the sensitivity of risk models. A review is made of the methods applied so far in other scientific fields. Requirements to the methods in riskmetrics are formulated. A system of indicators is proposed for the selection of specific methods.*

Key words: analysis, sensitivity, risk, model.

Целта на настоящата работа е да се формулират препоръки за приложение на методи за анализ на чувствителността на риск-моделите в екологичната сигурност.

За постигането ѝ следва да се решат следните задачи:

1. Анализирани на получените модели на риска в изследвания на авторите.
2. Проучване на методите за анализ на чувствителността в икономиката, технически и обществени науки.
3. Анализ на аналитичната същност на методите
4. Сравнителна систематизация за обосноваване избора на методите за анализ на чувствителността на риск-моделите.
5. Въвеждане на система от признаци за избиране на методите за оценка на риск-моделите.
6. Предложение за прилагане на конкретни методи.

Анализът на изведените модели на риска [1,2,3,4,5,6] показват, че факторите и параметрите им са от четири типа:

I. Вероятностни, дължащи се на природата на факторите и параметрите на причинно-следствените отношения. Това са рисковете на появяване на всяка съставяща на опасните явления, опасните действия и опасните ефекти.

II. Детерминирани, които поради естеството им остават постоянни в действителността. Отразяват влиянието на контролируми постоянни фактори върху изходните параметри на риска.

III. Моментно вероятностни или моментно детерминирани, отнасящи се за величини, които съществуват във всеки произволно избран, безкрайно малък интервал от време в определен диапазон.

IV. Периодично вероятностни или периодично детерминирани, които са величини, възникващи през конкретен период или цикъл, определен като време между два момента.

Проучването на методите за анализ на чувствителността показва, че има широк спектър от методи, които за целите на изследване на риска в екологичната сигурност не са прилагани.

Анализирайки същността им и отчитайки спецификата на рискметрията ги разделяме на пет основни класа:

I клас. Предварителни методи. Могат да се използват за ориентировъчен анализ на чувствителността на факторите на моделите. Чрез тях може да се оцени значимостта им. На този етап може да се оцени дали има влияние върху вариациите на параметрите на модела.

II клас. Локални методи. Намират приложение за анализ на действието на измененията в значенията на факторите върху специфични характеристики на параметрите на моделите. Такива характеристики са средна стойност, дисперсия, коефициент на вариация и други показатели, свързани със законите на разпределение.

Таблица 1
Сравнителна систематизация за обосноваване избора на методите за анализ на чувствителността на рискмоделите

	ПОКАЗАТЕЛИ ЗА ИЗБОР НА МЕТОДА	СЪОТВЕТСТВИЕ (●) И НЕСЪОТВЕТСТВИЕ (○) НА МЕТОДИТЕ СПРЯМО ПОКАЗАТЕЛИТЕ ЗА ИЗБОР												
		NRSA	DSA	CA simple	CA rank	RA linear	RA rank	DA	CART	FAST	Sobol	RSM	MII	
1	Установявана едновременно изменения на факторите и параметрите на модела	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2	Възможност за анализ при нелинейно моделиране	○	○	○	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●
3	Наличие на нива на изменение на факторите на модела	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○
4	Отразяване взаимодействия на факторите и параметрите	○	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●
5	Различия в характера (количествен или категоричен) на факторите на модела	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○
6	Голяма представителност на резултатите	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7	Двумерен анализ между фактори и параметри	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
8	Лесно използване	○	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○
9	Количествено ранжиране на факторите	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
10	Определеност на статистическата значимост	○	○	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○
11	Разграничаване на основните фактори	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
12	Идентифициране на относителния дял на вариациите на параметрите	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
13	Практическа приложимост	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Таблица 2

Методи за анализ на чувствителността на моделите на риска

НАИМЕНОВАНИЕ	СЪЩНОСТ НА МЕТОДА	ПРИЛОЖИМОСТ	ПРЕДИМСТВА	НЕДОСТАТЪЦИ
1 Номинален рангов анализ NRSA	Чувствителността S се определя по зависимостта $S = \frac{Y_{max}X - Y_{min}X}{Y_{mid}X}$, където $Y_{max}X$, $Y_{min}X$, $Y_{mid}X$ са стойностите на параметрите Y при максимална, минимална и средна стойност на фактора X .	- в детерминирани модели; - при липса на връзка между факторите; - за ранжиране по значимост на факторите	- прост метод, лесен за прилагане; - подходящ за линейни модели; - точно ранжиране на факторите на модела	- позволява анализ в ограничени диапазони на изменение на факторите; - неприложим за нелинейни модели
2 Диференциален анализ DSA	Чувствителността S се определя по зависимостта $S = \frac{Y_{x+\Delta x} - Y_{x-\Delta x}}{Y_x}$, където $Y_{x+\Delta x}$, $Y_{x-\Delta x}$, Y_x са стойностите на параметрите Y в диапазоните $x + \Delta x$, $x - \Delta x$ и при x , като Δx е достатъчно малко.	- в детерминирани модели; - при независимост на факторите; - прилагане преди да бъдат използвани статистически методи	- прост метод, лесен за прилагане; - подходящ за линейни модели; - приложим при големи разлики в интервалите $x + \Delta x$, $x - \Delta x$	- не отчита възможностите за появяване на различни стойности на факторите; - неприложим за нелинейни модели
3 Корелационен анализ: - обинhoven $C_{A\text{simple}}$ - рангов $C_{A\text{rank}}$	Корелационен коефициент по Пирсон $r = \frac{\sum_{i=1}^n Z_{Y_i} Z_{X_i}}{n-1}$, където Z_{Y_i} , Z_{X_i} са стандартизирани стойности. Коефициент на корелация на ранговете на Спирман $\rho_s = \frac{T_1 + T_2 - \sum_{i=1}^n d_j^2}{2\sqrt{T_1 T_2}}$, където T_1 и T_2 са изрази на коригиращи елементи, а d_j е разликата в ранговете.	- за определяне на линейни или монотонни зависимости между параметри и фактори	- корелационен коефициент по Пирсон е за линейни зависимости; - коефициентът на корелация на ранговете на Спирман е за нелинейни зависимости; - изчисляват се лесно и са включени в редица програмни продукти	- корелационните коефициенти не отразяват причините; - приложим в случаите, когато трета променлива влияе върху силно изразена зависимост между две величини

III клас. Математически методи. Могат да служат за определяне на чувствителността на параметрите при смущения или отделни вариации на факторите. Позволяват да се изключат незначимите фактори.

IV клас. Статистически методи. Могат да намерят приложение в случаите когато факторите са свързани с вероятностите на появяване в определен диапазон на закона на разпределение и когато един или повече фактори са случайни процеси, зависещи от времето.

V клас. Графични методи. Те позволяват чрез графи, диаграми, пространствени изображения и други визуални форми да се представят реакциите на параметрите в случай на промени на факторите на моделите.

За ориентиране към подходящ метод за анализ на чувствителността бе формулирана система показатели, които подпомагат избора. Тези показатели са дадени в таблица 1. Чрез показателите е направено сравнение между 12 метода:

- номинален рангов анализ *NRSA*;
- диференциален анализ *DSA*;
- корелационен анализ: обикновен CA_{simple} и рангов CA_{rank} ;
- регресионен анализ: линеен RA_{linear} и рангов RA_{rank} ;
- дисперсионен анализ *DA*;
- йерархични граф-модели *CART*;
- тест на Фурие *FAST*;
- метод на Собол *Sobol*;
- повърхнина на отклика *RSM*; обобщен информационен индекс *MI*.

Същността, приложността, предимствата и недостатъците на тези методи са изложени в таблица 2.

Следва да се отбележи, че направената систематизация на методите за анализ на чувствителността не изчерпва всички възможности. Тя може да бъде продължена и усъвършенствана в целево планирани изследвания.

На този етап на анализ се достига до извода, че изборът може да бъде извършен на основание на четири основни признака:

I признак. Обективност.

Постига се чрез: 1) ранжиране на значимостта на факторите; 2) идентификация на комбинациите от значения на факторите, които предизвикват повишени рискове; 3) разкриване и приоритетизиране на причините за неопределеност и чувствителност; 4) установяване на локалните промени в моделите; 5) оценяване на достоверността на моделите.

II признак. Потребност от информация:

1) количествено и качествено ранжиране на факторите; 2) разграничаване на факторите по степен на значимост; 3) групиране на факторите по значимост; 4) дефиниране на незначимите фактори; 5) определяне на областите на изменение на факторите и параметрите; 6) стойности и ранг на факторите с максимален риск.

III признак. Ограничения към моделите: 1) линейност или нелинейност; 2) взаимодействия и зависимости между факторите; 3) нива на вариране и оптимални области на фактори и параметри; 4) категория на факторите-дискретни или индискретни, количествени или категориини.

IV признак. Фаза на приложение: 1) преди моделиране за получаване на предварителни резултати, тип и формат на информацията, необходими за извеждане на моделите на риска; 2) след моделиране при което се установява чувствителността на моделите.

На основание на изложените признаци и посочените съображения са формулирани препоръки за избор, които са систематизирани и представени в таблица 3.

Таблица 3

Препоръки за прилагане на методите за анализ на чувствителността на моделите на риска

ПРЕДВАРИТ Е ПЕНАЛИТИ	ДЕТЕРМИНИРАНИ ДОПУСКАНИЯ И ПРИБЛИЖЕНИЯ	НОМИНАЛЕН РАНГОВ АНАЛИЗ <i>NRSA</i>	
		Диференциален анализ <i>DSA</i>	
	Вероятностни допускания и приближения	Обикновен корелационен анализ <i>CA simple</i>	
		Рангов корелационен анализ <i>CA_{rank}</i>	
Локален анализ	Определяне на сценариите с високи нива на риска	Детайлно определяне	Йерархични граф-модели <i>CART</i>
		Обобщено определяне	Дву- и тримерни графични интерпретации на областите на изменение на риска
	Дисперсионен анализ <i>DA</i>		
	Проверка и прецизиране на моделите	Нелинейни модели	Йерархични граф-модели <i>CART</i>
			Диференциален анализ <i>DSA</i>
			Обикновен корелационен анализ <i>CA simple</i>
			Рангов регресионен анализ <i>RA_{rank}</i>
			Рангов корелационен анализ <i>CA_{rank}</i>
			Дисперсионен анализ <i>DA</i>
	Йерархични граф-модели <i>CART</i>		

ЛИТЕРАТУРА

[1] Владимиров, Л. Систематизация на методите за риск анализи. Част I. Категория, клас, обект и предмет на риск анализа. Габрово, Технически университет, Международна научна конференция "Унитех 07", част II, 2007. II 289-II 295.

[2] Томов, В. Диагностика на екологичната сигурност. Дисертация за получаване на научна степен "доктор на икономическите науки". Русе, Русенски университет "Ангел Кънчев", 2006. 440 с.

[3] Томов, В., Л. Владимиров. Рискметрия в екологичната сигурност. София, Военна академия "Георги Стойков Раковски", Сборник доклади на Юбилейна научна конференция "95 години Военна академия "Георги Стойков Раковски", 4. 4. 2007. 46-54.

[4] Tomov, V., L. Vladimirov. Diagnostic of Environmental Security. Beograd, Ecologica, broj 13, godina XIV, International Conference on Environment and Sustainable Development, 23-25.4.2007. 2007. 42-46.

[5] Vladimirov, L., V. Tomov. Risk and Uncertainty in Diagnostic of Environmental Security. Journal of Material Science and Technology. Volume 16, No2, 2008. p.11-120.

[6] Vladimirov, L. Risk of dust contamination of air. Belgrade. International Scientific conference Quality of Air protection 2008. Serbian chamber of commerce, Board of Environmental protection and sustainable development. Proceedings. Part II, 103-111.

За контакти:

професор д.ик.н. Владимир Томов Владимиров, д-р инж., катедра "Екология и опазване на околната среда", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 481, e-mail: vtomov@ru.acad.bg

Докладът е рецензиран.