

FRI-9.2-1-EC-06

RISKMETRICS TO ENVIRONMENTAL PROTECTION

Assoc. Prof. Lyubomir Vladimirov, PhD

Department of Heat, Hydraulics and Environmental Engineering,
Agrarian and industrial Faculty,
University of Ruse, Bulgaria,
Phone: +359 898 484 313,
E-mail: lvvladimirov@uni-ruse.bg

***Abstract:** The paper presents the foundations of a new direction in the theory of risk for environment – Riskmetrics. It derives its purpose, tasks, scope and object. The principles of Riskmetrics have been formulated. It proposes riskmetric technology and riskmetric fund. They include new methods for case modeling, taxonomy, risk measuring, criticality assessment and respectively environmental security. Analysis is made of the uncertainty of measuring and sensitivity of risk models. Results are filtered and ranked in five-grade scales.*

***Keywords:** risk, metric, environment, environment protection, criticality, security.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Рискметрията може да бъде дефинирана като научно направление в теорията на риска, представляващо интегриране в единна система на дейностите по определяне на значенията му. Цел на рискметрията е създаване на рискметрична информационна среда, която да разкрива критичностите в екологичната сигурност. Задачите, които се решават в настоящата работа, са: I. Формулиране на цел, задачи, обект и принципи на рискметрията; II. Създаване на рискметрична технология, която да е обоснована система научни знания за законите, процедурите, методите, средствата и правилата за определяне на риска за околната среда; III. Формиране на рискметричен информационен фонд, съхраняващ информация за компоненти на риска и позволяващ използването ѝ в конкретни рискови ситуации; IV. Извеждане на несигурността и чувствителността на рискметричната технология; V. Филтриране и ранжиране на риска.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Обект на рискметрията е рискът, а предмет-съвкупността от характеристиките му. Рискметрията се базира на пет принципа: 1. Принцип на йерархичността. Състои се в дефиниране на риска като величина, която се декомпозира по дървовидна структура. Тя описва риска чрез съвкупност от частни, по-долни, към общи, по-горни, съставящи. 2. Принцип на интегралността. Измерването на риска като цяло е процес на определяне на интегралния риск, отразяващ рисковете за появяване на опасни явления, опасни действия и опасни ефекти. 3. Принцип на безразмерността. Изразява се в определяне на съставящите на интегралния риск в безразмерни величини. От една страна принципът позволява да се отчита специфичното многообразие на рискови фактори, а от друга да се получат съпоставими, от дименсионална гледна точка, значения на съставящите рискове. 4. Принцип на равнозначимостта. Състои се в приемането, че съставящите на интегралния риск на определено йерархично ниво са с еднаква степен на значимост. 5. Принцип на причинно-следствените отношения. Изразява се в определяне на риска, като съвкупност от условия, обстоятелства и процеси, които са свързани чрез отношения от тип «причина-следствие».

Рискът е свързан с конкретна опасна система. Това налага описание на системата, с всички съставни части и взаимодействия с обекта за който се определя рискът.

Измерванията на риска се извършват на основание на моноситуационен модел. За провеждането им се дефинират седем условия за възникване на опасности и риск:

1) Пространствено съвместителство на обекта на въздействие-реципиента и рисковите фактори в средата на разпространението им; 2) Нива на рисковите фактори и отклонение спрямо пределно-допустимите значения; 3) Времево съвместителство на реципиента и рисковите фактори; 4) Превишаване на допустимото време за пребиваване на реципиента в пространството на рисковите фактори; 5) Съвпадане на времето на действие с времето на превишаване на граничните стойности на рисковите фактори; 6) Съответствие на полиситуационния модел на риска с поставените цели и задачи на измерванията, на структурата и съдържанието на изведените опасности; 7) Граф-моделите на моноситуационните рискове са обективно таксономично следствие от полиситуационните модели.

Преобразуванията и свойствата на риска се разглеждат като измервателни величини. Те трябва да бъдат представени, възприети от оценяващия субект и нормирани с присвояване на определено числово значение. Измервателните величини се определят еднозначно. Измервателните единици следва да са съгласувани и да съответстват на величините. Размерът на риска е отношение на измервателните величини към еталоните им, които по осите R_{Tind} , R_{ind} и R_{komp} са различни. Това налага да се дефинират: 1) Количествено и качествено измерваните свойства-измервателни величини на риска; 2) Измервателните единици; 3) Принципите на измерване; 4) Методите на измерване; 5) Процедурите на измерване.

Хоризонталното декомпозиране на моноситуационния риск е верижно. Измерването по ос R_{ind} е необходимо, тъй като стойностите на риска представят развитието на опасността на нисшо ниво. Измервателните величини по ос R_{ind} отговарят на трите компонента на опасностите. Поради това се приемат горепосочените три класа рискове-на опасните явления $R_{ind_{Fen}}$, на опасните действия $R_{ind_{Act}}$ и опасните ефекти $R_{ind_{Eff}}$. Измерването им се изразява в установяване на значенията на индикаторните рискове. Чрез него се определя преходът от един елемент в друг, от едно състояние в друго. По този начин се установяват причините и следствията от преходите им.

Вертикалното декомпозиране на риска е йерархично. Измерването по ос R_{komp} се налага, тъй като въз основа на резултатите от измерванията се установяват относителните дялове на факторните величини първо в индикаторните, а след това и в компонентните рискове. Размерът по ос R_{komp} отразява естеството на опасността. Той следва логиката и показателите на развитие на опасностите. Измервателните величини са на четири нива.

Въпреки, че се отнасят към една и съща измервателна величина, стойностите на рисковете по ос R_{ind} се различават от тези по ос R_{komp} . Разликата се състои в естеството им. Рисковете по ос R_{ind} представят елементарните превръщания на причини в следствие, докато по ос R_{komp} -фазовите превръщания. Измерването по ос R_{Tind} представя динамиката на изменение на факторните величини, индикаторните, компонентните и интегрални рискове. Позволява да се установяват техните значения в различни сечения на времето. Размерът по ос R_{Tind} е стойност, чрез която се определя областта на критичностите и се установяват центровете им. Тя фиксира времевите значения на рисковете. Значенията по ос R_{Tind} са индискретни, което се дължи на естеството на фактора време. Те са вероятности за появяване на времеви моменти или времеви интервали и се изменят от 0 до 1.

За опасните явления измервателна величина е броят N_{NEE} , N_{OPE} , N_{CAUSE} на случаите на появяване на конкретна потребност, операция, причина, възникващи за изследвания период време T . Допълнителна измервателна величина е продължителността ΔT_{NEE} , ΔT_{OPE} , ΔT_{CAUSE} . Могат да бъдат равни на общото време T на измерване, но може да бъдат и част от него. Източникът на генериране на опасни фактори - стресорът е със аналогична природа

и е измервателна величина-показатели N_{SOURCE} , съответно ΔT_{SOURCE} . Техният смисъл е напълно идентичен с тези на причината. Рисковият фактор съответства на естеството на факторните величини. Ето защо може да е от физично, химично, биологично, психофизиологично и друго естество. Като наименование и описание е с неметриран характер, но с въвеждане на броя N_{FACTOR} на случаите на появяване и на продължителността им ΔT_{FACTOR} се превръща в метрирана случайна величина. Рисковите фактори и нивата им са величини, които се измерват в метрирани единици. Чрез създадения нов метод за оценка на рисковите фактори се преминава към единни измервателни величини, като се въвежда едностранна или двустранна граница на изменения.

Измервателни величини за емисиите могат да са броят N_{EMISS} на възникване на емисии в определен диапазон на възможните им значения и продължителността ΔT_{EMISS} на емисиите. За нивата на емисиите са броят N_{EMLEV} на превишаване на допустимите стойности и продължителността ΔT_{EMLEV} на превишаванията. По същия начин се въвеждат измервателни величини и съответстващи им измервателни единици за: 1) среда на разпространение- N_{MIDD} и ΔT_{MIDD} ; 2) пространство на съвместителство на обекта и зоната на разпространение на имисиите- N_{IMLEV} и ΔT_{IMLEV} ; 3) имисия- N_{IMISS} и ΔT_{IMISS} ; 4) ниво на имисиите- N_{IMLEV} и ΔT_{IMLEV} ; 5) времето на имисиите на замърсители- N_{IMTIME} и ΔT_{IMTIME} ; 6) обект на въздействие- N_{OBJECT} и ΔT_{OBJECT} ; 7) контактни места N_{CONT} и ΔT_{CONT} ; 8) тип на вредата- N_{TYPE} и ΔT_{TYPE} ; 9) вид на вредата N_{ASPECT} и ΔT_{ASPECT} ; 10) локализация на вредата- N_{LOCAL} и ΔT_{LOCAL} ; 11) тежест на вредата- N_{DEGREE} и ΔT_{DEGREE} ; 12) компенсиране N_{RECOM} и ΔT_{COMP} ; 13) възстановяване- N_{RECOV} и ΔT_{RECOV} . Предложените измервателни величини отговарят напълно на гореизложените основни постановки за структуриране и условия на дефиниране на риска.

Принципите на измерванията се определят от вида на явленията на които се основават конкретните факторни величини на риска. Поради това принципите на Държавна система за осигуряване единството на измерванията, са втора група, допълваща горепосочените принципи на рискметрията. Изхождайки от естеството на измервателните величини се прилагат три метода на измерване: 1. Пряк метод, при който големината на измервателната величина се установява по показанията на измервателен уред. Прилага се при измервания на емисии, имисии, пространство, време и други величини от природен характер. 2. Непряк метод. При него се използва аналитични зависимости между измервателните величини от метриран, неметриран или алтернативен вид. 3. Комбиниран метод, представляващ съвкупност от преки и непреки методи.

Процедурите на измерване са: I-измерване на индикаторните рискове по ос R_{ind} ; II-измерване на времевите рискове по ос R_{Tind} ; III-измерване на компонентните рискове по ос R_{komp} ; IV-преминаване към единни безразмерни величини. Преходът към безразмерни величини става по следния начин:

I. N и ΔT се анализират като случайни величини. Установява се законът на разпределението, като се отчита характерът им-дискретни или индискретни. Използва се информационният модул «Рискметричен софтуер». За дискретните величини се проверява хипотезата за разпределение на Поасон, геометрично разпределение, биномиално разпределение, хипергеометрично разпределение, отрицателно-биномиално разпределение, разпределение на Бернули. За индискретните величини се извършва проверка на закон на равната вероятност, логаритмично-логистично разпределение, гама разпределение, разпределение на Пирсон, нормално разпределение, триъгълно разпределение, бета разпределение, разпределение на Гъмжел, логаритмично-нормално

разпределение, експоненциално разпределение, разпределение на Вейбул, разпределение на Ерланг, логистично разпределение, разпределение на Валд и разпределение на Релей.

II. Изчислява се вероятността P_{zN} за появяване на стойности на N и вероятността $P_{z\Delta T}$ на възникване на ΔT в диапазоните: 1) $+\sigma > N_{cp} > \sigma$ и $+\sigma > \Delta T_{cp} > \sigma$, където N_{cp} и ΔT_{cp} са средните стойности; σ - средноквадратичното отклонение на стойностите на измервателните величини; 2) от N_{min} до N_{max} и от ΔT_{min} до ΔT_{max} . Този диапазон е значително по-широк, вероятностите P_{zN} и $P_{z\Delta T}$ по-големи, откъдето стойностите на риска се увеличават. Считаме, че е по-подходящ, тъй като се съобразява целият размах на изменение на измервателните величини.

Въз основа на изложените базови положения рискметрията може да се дефинира като «система операции за събиране, обработване, обобщаване и управление на информацията за риска, включително съхраняване на носители». Тя е компютърно ориентирана съвкупност от рискметрична технология и рискметричен фонд. Между отделните операции има сложни връзки. Предназначена е за създаване на интегрална информационна среда, необходима за анализ и оценка на риска.

Начало на рискметричната технология е формализирането на обекта й. За целта се дефинира изследваната опасна система. Конкретизират се целта, задачите и структурата й. Установяват се общите и частни функции, като се отразяват взаимодействията в системата. Прави се описателен модел на опасностите. Той е естествено-езикова формализация на сценариите за поява и развитие на риска и е условие за достоверност на формулиране на риск моделите. Влияе пряко върху неопределеността и неяснотата на измерване на риска. Сценариите се моделират чрез полиситуационни модели. Резултатите се събират в информационен модул «Опасности». Таксономията на риска се прави, за да се установят значимите връзки между елементите на полиситуационните модели, което е условие за съставяне на моноситуационни модели. Дефинират се факторните величини на риска. Естеството и характерът им определят принципа на измерването им-количествен или категориен. Принципът на измерване ориентира към методите на измерване-преки, непреки и комбинирани. Те формират информационен модул «Методи за измерване». Изборът на уредите за измерване на метрираните факторни величини се извършва въз основа на сравнителен анализ на основните им метрологични характеристики. Те се съхраняват в информационен модул «Уреди за измерване». Измерването на метрираните факторни величини е свързано с извършването на съвкупност от действия за определяне на числената стойност. Става чрез избраните измервателни уреди. Превръщането в единна безразмерна величина се прави на основание на гореизложената идея. Извършва се паралелно с обработването на резултатите от измерването, независимо от характера на измервателните величини. Измерването по ос R_{ind} във функция от R_{Tind} създава област от точки в равнината им. Измерването по ос R_{komp} се изразява в изчисляване на компонентните рискове. Стойностите по тази ос оформят повърхнини от точки. Получените резултати се съхраняват в информационен модул «Рискове».

В рискметричната технология се предлага нов векторен метод за дефиниране и аналитично определяне на критичността и сигурността. Отчита се влиянието на елементарните и фазовите превръщания, както и влиянието на рисковете в причинно-следствените отношения. Методът се базира на следните определения: 1) Критичността е съвкупност от появяващи се във времето рискове за възникване на опасни явления, опасни действия и опасни ефекти; 2) Индикаторната критичност е система от появяващи се във времето индикаторни рискове, а компонентната критичност, съответно, от компонентни рискове; 3) Диференциалната критичност е съвкупност от възникващи във функция от времето рискове за поотделно появяване на опасни явления, на опасни действия и на опасни ефекти; 4) Интегралната критичност е съвкупност от съвместно появяващи се компонентни рискове на опасни явления, опасни действия и опасни ефекти. Критичностите могат да се

представят в графичен вид. В равнината $R_{Tind} - R_{ind}$ за всяка стойност на съставящите на $R_{ind_{Fen}}$, $R_{ind_{Act}}$, $R_{ind_{Eff}}$ се формират области от точки-фиг.6. Всяка една от тези области изобразява индикаторните диференциални критичности $Gsit_{Fen}$, $Gsit_{Act}$, $Gsit_{Eff}$. Големината на векторите $0-Cdc_{Fen}$, $0-Cdc_{Act}$, $0-Cdc_{Eff}$ определя диференциалните критичности. На всяка точка от посочените области съответства точка в пространството на компонентните диференциални рискове. Те формират повърхнините $Gsat_{Fen}$, $Gsat_{Act}$, $Gsat_{Eff}$. Всяка повърхнина се представя чрез центровете Cic_{Fen} , Cic_{Act} , Cic_{Eff} . Векторите $0-Cic_{Fen}$, $0-Cic_{Act}$, $0-Cic_{Eff}$ са детерминанти на компонентните диференциални критичности. Интегралната критичност G_{Integ} се определя от големината на множеството на компонентните рискове $Gsat_{Fen}$, $Gsat_{Act}$, $Gsat_{Eff}$. Отчитат се векторите им $0-Cic_{Fen}$, $0-Cic_{Act}$, $0-Cic_{Eff}$.

Процедурата за прилагане на метода се състои от следните основни операции: 1) Експериментално изследване на показателите на рисковете на елементарните превръщания във всяка фаза и построяване на моноситуационен граф на възникване и развитие на риска. 2) Формиране на областите от точки на индикаторните рискове на елементарните превръщания. 3) Установяване центровете на множествата на индикаторните диференциални критичности- Cdc_{Fen} , Cdc_{Act} и Cdc_{Eff} . Всички точки от тези множества се представят като система от материални точки с маси m_1, m_2, \dots, m_n . Приема се, че центровете на тежестта на тези области от точки съвпадат с центровете на диференциалните критичности. 4) Изчисляват се дължините на векторите с начало 0 и край-центровете с координати $R_{Tind_{Fen}} - R_{ind_{Fen}}$; $R_{Tind_{Act}} - R_{ind_{Act}}$; $R_{Tind_{Eff}} - R_{ind_{Eff}}$. Чрез векторно смятане се изчисляват векторите $|\vec{R}_{Cdc_{Fen}}|$, $|\vec{R}_{Cdc_{Act}}|$, $|\vec{R}_{Cdc_{Eff}}|$ на индикаторните рискове. Те определят критичността на моделираната ситуация. Критичността е показател на несигурността от появяване на опасни явления $D(Cdc)In sec_{Fen}$, от опасни действия $D(Cdc)In sec_{Act}$ и от опасни ефекти $D(Cdc)In sec_{Eff}$. 5) Формират се областите на компонентните диференциални критичности $Gsat_{Fen}$, $Gsat_{Act}$, $Gsat_{Eff}$. Стойностите на точките на компонентните рискове се получават чрез присвояване на стойността на крайния риск във веригите на $|\vec{R}_{Cdc_{Fen}}|$, $|\vec{R}_{Cdc_{Act}}|$, $|\vec{R}_{Cdc_{Eff}}|$. 6) Определят се центровете на компонентни критичности- Cic_{Fen} , Cic_{Act} , Cic_{Eff} по посочения начин.

7) Изчислява се дължината на векторите на компонентните критичности, които са равни на $\vec{R}_{Cic_{Fen}}$, $\vec{R}_{Cic_{Act}}$, $\vec{R}_{Cic_{Eff}}$. Тези рискове служат за оценка на несигурността при фазовите превръщания. 8) Съвместното влияние на елементарните и фазови превръщания се определят от значенията на резултатните вектори: $\vec{R}_{(Fen)(Act)}$ - на опасно явление и опасно действие; $\vec{R}_{(Fen)(Eff)}$ - на опасно явление и опасен ефект; $\vec{R}_{(Act)(Eff)}$ - на опасно действие и опасен ефект; $\vec{R}_{Integ} \equiv \vec{R}_{(Fen)(Act)(Eff)}$ - на опасно явление, опасно действие и опасен ефект-интегралният риск.

Интегралният риск се изчислява чрез сумарния вектор на опасното явление, опасното действие и опасния ефект $\vec{R}_{Integ} \equiv \vec{R}_{(Fen)(Act)(Eff)}$. Чрез него се изчислява критичността $D(Cic)In sec_{FenActEff} = \vec{R}_{Integ} = \vec{R}_{Cic_{Fen}} + \vec{R}_{Cic_{Act}} + \vec{R}_{Cic_{Eff}}$. Диференциалната несигурност $D(Cdc)In sec_{Fen}$, $D(Cdc)In sec_{Act}$, $D(Cdc)In sec_{Eff}$, $D(Cic)In sec_{FenAct}$, $D(Cic)In sec_{FenEff}$ и

$D(Cic)Insec_{ActEff}$ е алтернатива на съответстващата диференциална сигурност $D(Cdc)SEC_{Fen}$, $D(Cdc)SEC_{Act}$, $D(Cdc)SEC_{Eff}$, $D(Cic)SEC_{FenAct}$, $D(Cic)SEC_{FenEff}$, $D(Cic)SEC_{ActEff}$. Въз основа на посочената алтернативност и максимални граници на изменение се стига до система уравнения чрез които се изчислява индикаторната, компонентна и интегрална сигурност на околната среда.

ИЗВОДИ

Представени са основите на ново направление в теорията на риска за околната среда. Целта ѝ е създаване на рискметрична информационна среда, която да разкрива критичностите и нивото на екологичната сигурност. Формулирани са целта, задачите, обекта и принципите на рискметрията. Те формират същността, насоките, характерните особености, обхвата и границите на направлението.

Предложен е усъвършенстван морфологичен модел на интегралния риск. Съставена е нова йерархична структура, която съдържа рискови фактори, индикаторни, компонентни и интегрални рискове. Чрез тях се идентифицират съставлящите елементи и се определя влиянието им във възникване и развитие на риска.

Генезисът на риска се интерпретира чрез полиситуационни модели, които се представят като универсални графи. Те са база за вникване в същността на риска и позволяват да се симулират многообразни рискови ситуации и събития. Извеждат се моноситуационни модели на риска, които пресъздават причинно-следствените отношения при развитие на нововъведените индикаторни и компонентни рискове. Моделите служат за анализ на елементарните и фазови превръщания на риска.

Предложена е усъвършенствана система за формализиране и класифициране на причините за елементарни превръщания в моделите на риска. По този начин рискът се описва логически и се формулират каузалните му модели.

Обоснована е структурата на рискметрията, която включва рискметрична технология и рискметричен фонд. Рискметричната технология обхваща операциите по измерване на риска. Изведено е съдържанието, последователността и взаимните връзки между операциите. Рискметричният фонд съдържа информационни модули за законодателство и норми, методи и уреди за измерване, опасности, рискове, критичности и рискметричен софтуер. Рискметрията интегрира дейностите по определяне на значенията на риска за околната среда в единна система.

Създаден е усъвършенстван модел на критичността, който се формира от области и повърхнини в тримерна координатна система. Разработен е нов векторен метод за определяне големината на рисковете, критичността и сигурността за околната среда.

Изведена е несигурността и чувствителността на рискметрията, което е предпоставка за точност и обективност. Въведена е система за филтрация и ранжиране на риска, която дава възможност за приоритизиране на задачите за защита на екологичната сигурност.

REFERENCES

Vladimirov, L. (2008) Method of Assessment of Environmental Security of dangerous plants, *Journal of Material Science and Technology* 16 (3), 210-218.

Vladimirov, L. (2007) Environmental security assessment, *Journal Ecology & Safety* 2(1), 390-398.

Vladimirov, L. (2008) Risk Assessment for Air Contamination during Fire Works, *Ecologica*, 15(XV), 39-44.

Vladimirov, L. (2008) Riskmetric technology in Environmental security, *International Scientific conference Proceedings Informatics in the Scientific knowledge*. Varna, 108-122.