

проф. д.т.н. инж. Георги Асенов Тасев
проф. д-р инж. Илия Маринов Ценов
инж. Мариана Любенова Ширкова
д-р инж. Цветан Иванов Попов

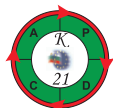
ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ НА РИСКА НА РАБОТНОТО МЯСТО И ОКОЛНАТА СРЕДА

Тази книга е издадена с финансовата подкрепа на:



AIHA
Your Essential Connection
AMERICAN INDUSTRIAL HYGIENE ASSOCIATION

Американска асоциация за индустриална хигиена (AIHA)



Фондация „Качество 21-ви век“



„Практика – О.К.“ ООД

СОФИЯ, 2007

УВОД

Ако вие сте сигурни, че разбирате всичко,
което се случва, то вие безнадеждно се лъжете.

Шалтер Мондале

В последните години във всички страни с развита икономика особено внимание се обръща на оценката и управлението на риска и осигуряване на безопасни условия на труд.

Оценката и управлението на риска на работното място и околната среда определят начините и възможностите за осигуряване на устойчиво развитие на предприятието, неговата способност да се противопоставя на неблагоприятните ситуации.

Материалите в книгата обхващат целия спектър от използване на съвременната теория на риска: анализ и разкриване на риска, методи за оценка на риска, организация на предупредителните мероприятия и т.н. В книгата се разглеждат основните видове рискове: промишлени, екологични, инвестиционни, предприемачески и др.

Концепцията на авторите се свежда до това, че рискът е случайно събитие или група близки случайни събития, чието събъждане нанася щети на обекта. И затова в книгата е отделено специално място на основните положения от теория на вероятностите и математическата статистика, чиито постановки се използват по-нататък за оценка и управление на риска. Специалистите, които ще оценяват и управляват риска на работното място и околната среда, трябва да са запознати с методите за оценка и управление на риска, както с вероятностните, така и с експертните, тъй като и едните и другите си имат своите положителни и отрицателни страни.

Вероятностните методи са по-трудоемки, но по-точни, докато експертните – обратно: по-лесни за използване и субективни по характер.

И тук нашата препоръка е в началото да се използват експертните методи, а след като се натрупа достатъчен обем статистическа информация – вероятностните методи за оценка на риска.

ГЛАВА 1. РИСК НА РАБОТНОТО МЯСТО И ОКОЛНАТА СРЕДА

1.1. Основни термини и определения

Риск – събитие или група сходни събития, нанасящи загуба (щета) на обекта.

Под **обект** разбираме материален обект или имуществен интерес. Например: материален обект: човек или някакво имущество; имуществен интерес (нематериално свойство на обекта): печалба.

Опасност – възможен източник на вреда (материали, съоръжения, технология).

На фиг. 1.1 е показан примерен модел за изучаване на опасността, а на фиг. 1.2 – свойствата на процеса на опасност.

Вреда^{*} е физическо нараняване и/или увреждане на здравето.

Идентификация на опасност^{*} е процесът на установяване на съществуването на опасност и на определянето на нейните характеристики.

Риск^{*} е вероятността за настъпване на вреда при конкретни условия на излагане и тежестта на вредата.

(*) Това определение е по Наредба №5/11.05.1999 г. и изразява количествената характеристика на риска. За предпочитане е първото определение за риск, тъй като то изразява физическата същност.

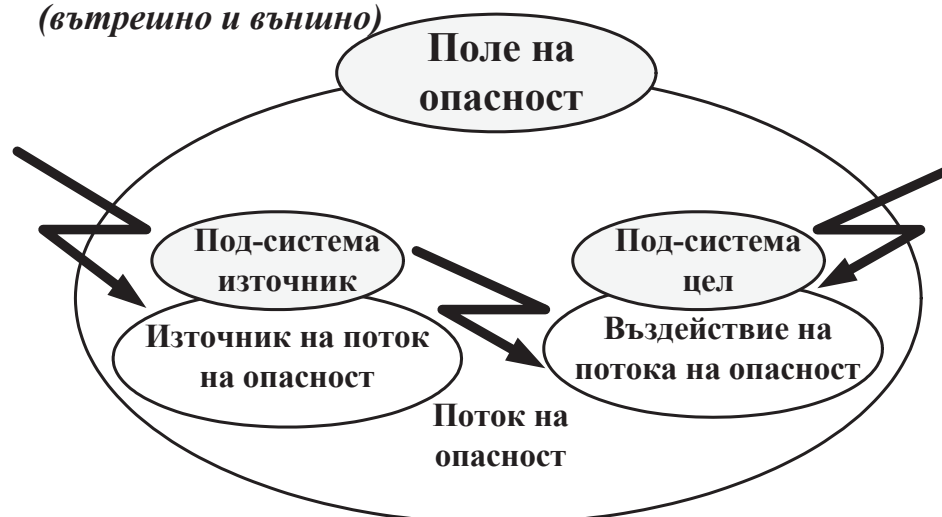
Опасно събитие е ситуацията, в която човек е изложен на опасност, която довежда до вреда.

Анализ на риска е използване на разполагаема информация за идентифициране на опасни събития и за определяне на елементите на риска.

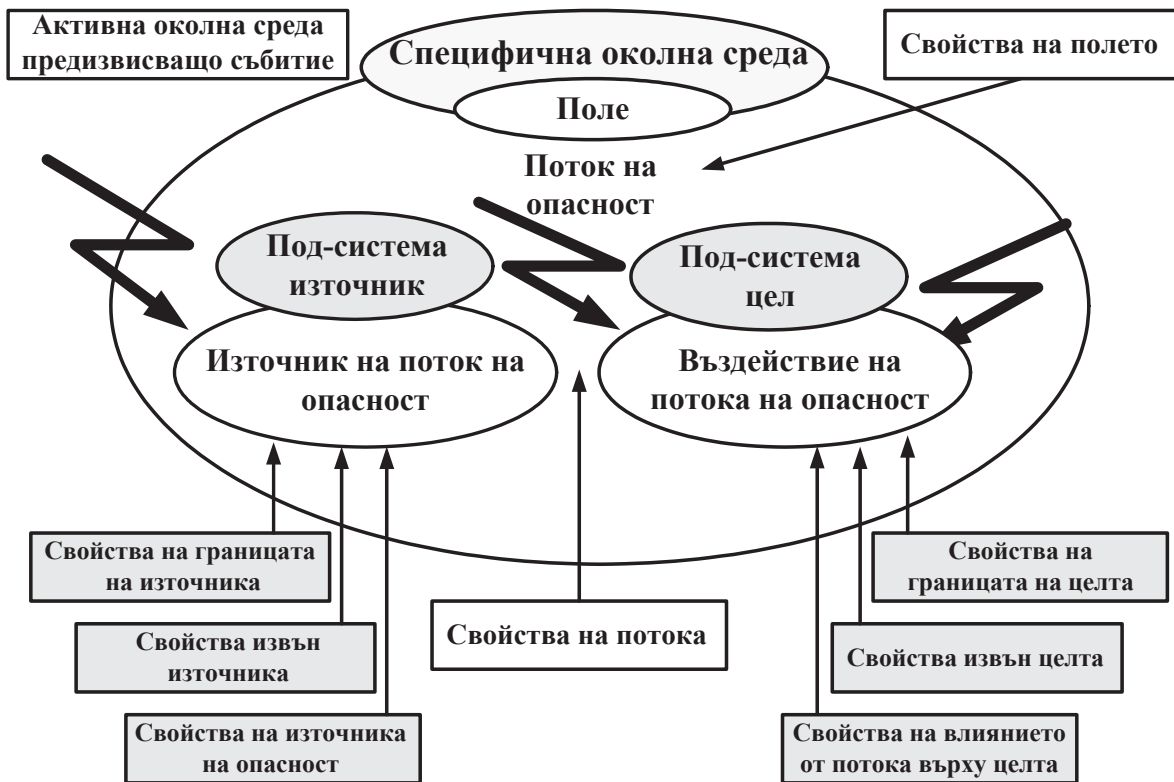
Оценяване на риска е процесът на анализ и оценка на риска.

Оценител на риска е лицето, което оценява риска.

Събитие, предизвикващо опасност
(вътрешно и външно)



Фиг.1.1. Примерен модел за изучаване на опасности



Фиг. 1.2. Свойства на процеса на опасност

В зависимост от елементите на системата, тяхната взаимовръзка и резултата от взаимодействието на фиг. 1.3–1.5. са дадени примери за възникване на промишлена безопасност, хигиена и здравеопазване и т.н.



Фиг. 1.3. Схема на възникване на промишлена безопасност и ергономия



Фиг. 1.4. Схема на възникване на промишлена безопасност, санитарен контрол, хигиена и здравеопазване



Фиг. 1.5. Схема на възникване на хигиена и опазване на околната среда и приложна екология

Производствена опасност – възможност за въздействие на опасни или вредни производствени фактори върху работниците.

Опасно събитие – ситуация, в която се сбъдва събитие и човек е изложен на опасност, която довежда до вреда.

Опасна ситуация – ситуация (положение), в която лицето е в контакт с опасността, без обезателно да е изложено на опасност.

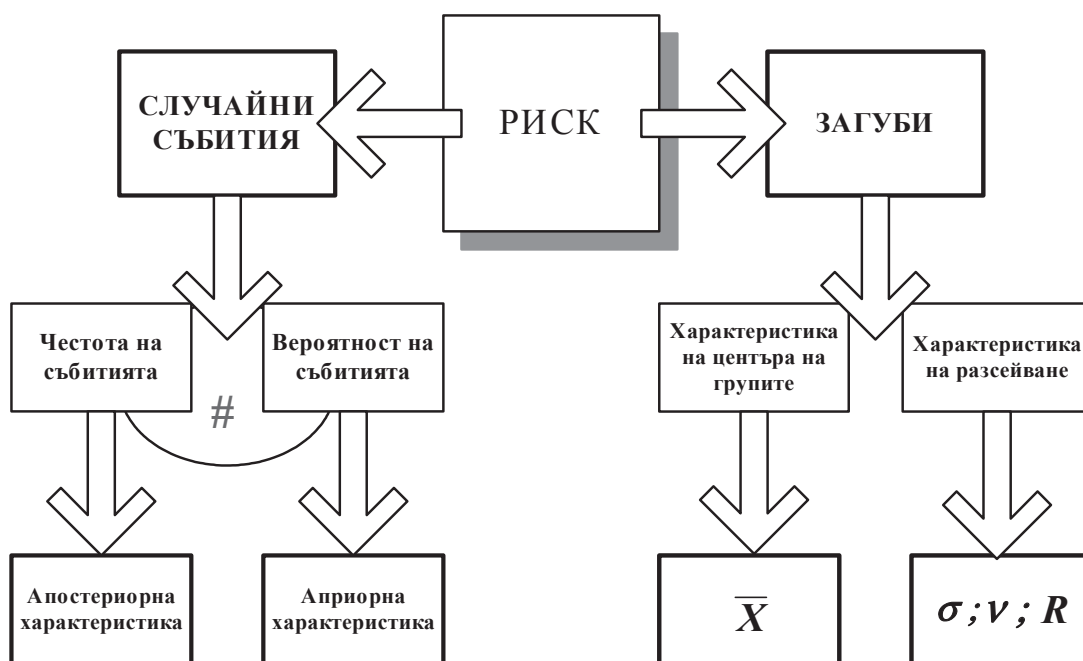
Застрашен работещ – всеки работещ, намиращ се изцяло или частично в опасна зона.

Загуба (щета) – влошаване или загуба на свойства на обекта. Така, ако обект е човек, то загубите могат да се изразят във вид на влошаване на здравето му или смърт. Загубата на свойства на имуществото се изразява в разрушаването му, влошаване на потребителските свойства или загуба на стойността. Загубите може да се изразят в натурален (физически) вид или в стойностно (икономическо) изражение.

Случайност (непредсказуемост) на настъпване на събитието означава невъзможността точно да се определи времето (а понякога и мястото) на възникването му.

Вероятност на събитието е математическа категория, означаваща възможността да се изчисли честотата на възникване на събитията при достатъчно количество статистическа информация.

По такъв начин рискът като отделно събитие има две важни свойства: вероятност на сбъждане и загуби (фиг. 1.6).



Фиг. 1.6. Свойства на риска

Всяко неблагоприятно събитие се поражда от някакъв набор изходни причини, т.е. **инциденти**. Веригата от последователните стъпки, водещи от инцидента до крайното събитие се нарича **сценарий** на риска.

1.2. Класификация на риска на работното място и околната среда

Класификацията на риска се извършва въз основа на следните класификационни признаци (фиг. 1.7):

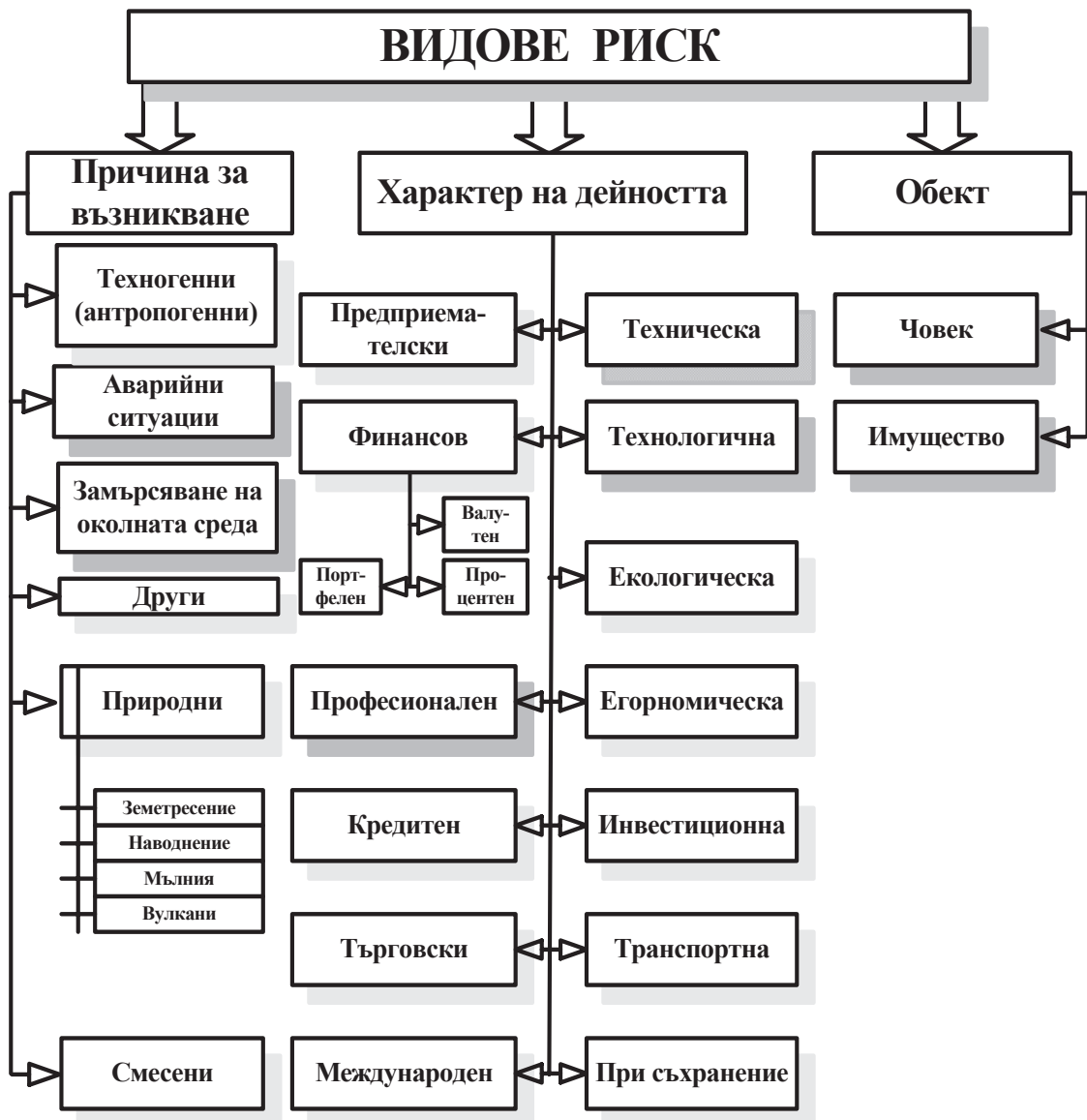
- Причини за възникване на неблагоприятното събитие;

- Характер на дейността, с която е свързан рискът;
- Обект към който е насочен рискът.

Здравен риск – събитие или група събития, водещи до неблагоприятни изменения на здравословното състояние на работещите при конкретно въздействие на вредни за здравето фактори и степента на тези изменения.

Професионален риск – събитие или група събития, водещи до неблагоприятни последици за здравето и безопасността на лица при конкретно въздействие на фактори при работа и степента на съответните последици.

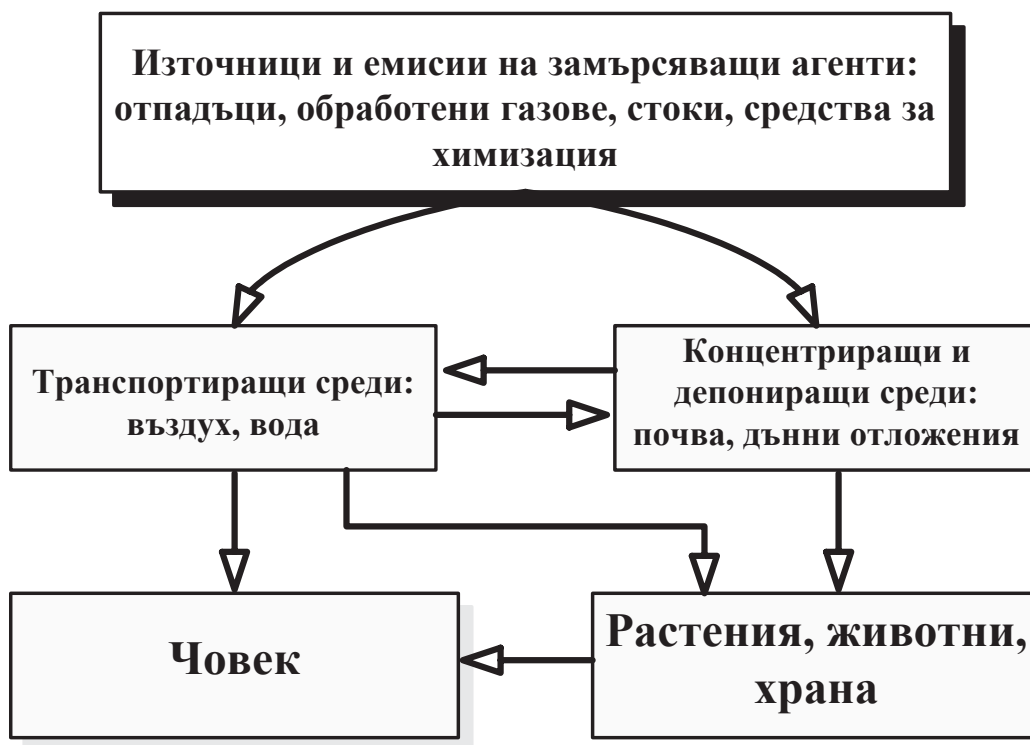
Екологичен риск – вероятност за настъпване на гражданска отговорност за насяне на щети на околната среда, а така също за живота и здравето на трети лица. Той може да възникне в процес на строителството и експлоатацията на производствените обекти и е съставна част на промишления риск.



Фиг. 1.7. Класификация на видовете риск

Щетите за околната среда се изразяват във вид на замърсяване или унищожаване на горите, водите, въздушните и земеделските ресурси (например в резултат на пожар или строителни работи), се нанася вреда на биосферата и земеделското производство).

Замърсяването на околната среда влияе пряко или чрез биологическо звено (фиг.1.8). В техногенните потоци основна роля има транспортиращата среда – въздух и вода.



Фиг. 1.8. Схема на влияние на замърсена среда

Най-вероятните случаи, в резултат на които може да настъпи гражданска отговорност, са аварията, свръхнормативните изхвърляния и оттечка на вредни вещества на производствените обекти, въздействия, които са заели определена територия.

Последствията от аварии в даден случай могат да се разделят на *близки* и *отдалечени*. Под *близки последствия* се разбира непосредствени щети във вид на разрушаване на сгради и съоръжения, замърсяване на територии, травми и смърт на хора и т.н. *Отдалечените последствия* възникват във вид на трайно замърсяване на почвата, водите и други природни ресурси и по-нататъшно въздействие на такова замърсяване върху здравето на хората. Те се появяват във вид на различни заболявания, чиято интензивност се увеличава няколко години след аварията.

Технически риск – съпътствува строителството на нови обекти и тяхната по-нататъшна експлоатация. Най-честите са при строително-монтажни и експлоатационни работи. Техническият риск може да бъде съставна част на промишления, предприемаческия и инвестиционен риск.

Към строително-монтажните се отнасят следните рискове:

□ Загуба или повреждане на строителните материали и оборудване поради неблагоприятни събития – стихийни бедствия, взрив, пожар, злонамерени умишлени действия и т.н.;

- Нарушение на функционирането на обекта поради грешки при проектирането и монтажа;
- Нанасяне на физически загуби на персонала, зает със строителството на обекта.

Под **промишлени рискове** се разбира опасността от нанасяне на загуби на предприятието и трети лица поради нарушаване на нормалния ход на производствения процес. Освен това към тях се отнасят опасностите за повреждане или загуба на производствено оборудване и транспорт, разрушаване на здания и съоръжения в резултат на въздействие на такива външни фактори като силата на природата и злонамерените умишлени действия.

За промишленото производство най-сериозни и често срещани рискове са тези, които възникват поради отказ на машините и оборудването, а в най-тежките случаи поради възникване на **аварийни ситуации**. Това може да възникне в резултат на събития от различен характер:

- Природни: земетресение, наводнение, ураган, удар от мълния и т.н.;
- Техногенни: износване на сградите, машините и оборудването, грешки при проектиране или монтаж, грешки на персонала и т.н.;
- Смесени: нарушаване на природните равновесия в резултат на техногенни действия на човека.

ГЛАВА 2. ОСНОВИ НА ТЕОРИЯТА НА ВЕРОЯТНОСТИТЕ И МАТЕМАТИЧЕСКАТА СТАТИСТИКА

2.1. Модели и методи за количествена оценка на риска

Теорията на вероятностите разглежда не всички случайни експерименти, а само онези, които притежават свойството „статистическа устойчивост“.

Какво представлява „статистическа устойчивост“?

Нека с **A** е означено едно от възможните събития на даден случаен експеримент и нека този експеримент е повторен **n** пъти, при което събитието **A** се е появило **m** пъти.

Величината

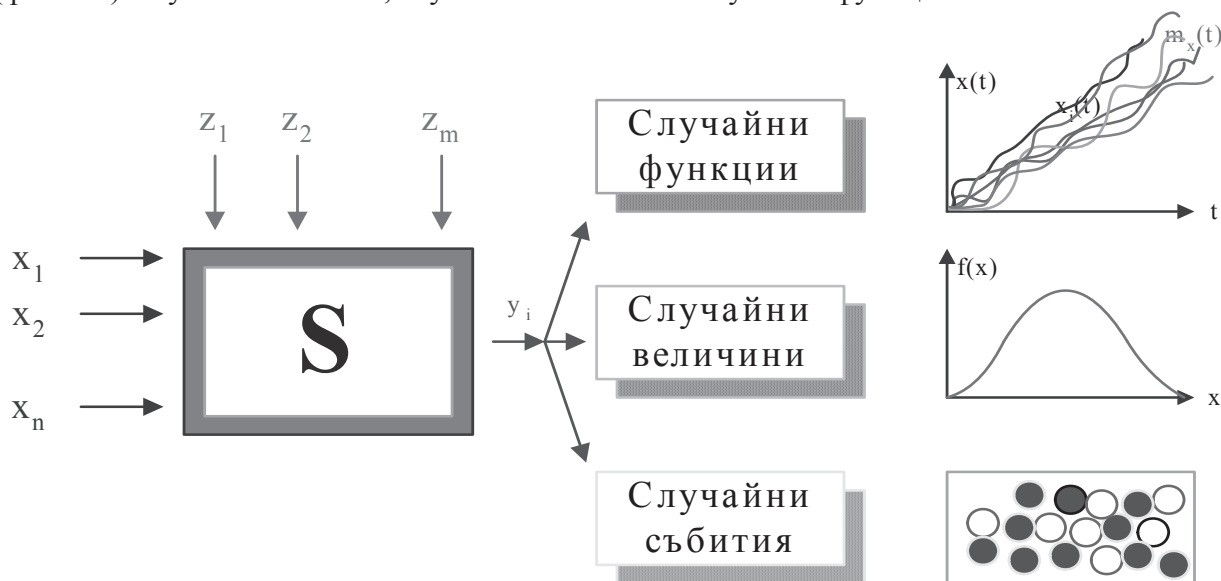
$$f_a = \frac{m}{n}$$

се нарича относителна честота на появяване на събитието **A**. Ако горната серия от **n** еднакви експерименти се повтори няколко пъти, величината f_a в общия случай няма да бъде постоянна. Нейните стойности ще бъдат различни както при дадено **n**, така и при различни стойности на **n**. Свойството „устойчивост“ в случая се състои в това, че при голямо **n** относителната честота f_a започва съвсем слабо да се колебае (с изменението на **n**) около някакво постоянно число.

Смята се, че част от условията, които определят случайния експеримент, остават постоянни по обективни или субективни причини. Наред с постоянните условия върху изхода на случайния експеримент оказват влияние и още редица непостоянни обективни фактори, чието изменение не познаваме или познаваме частично. Постоянните условия определят именно онези средни резултати, за които може да се говори уверено. Те определят закономерното в *случайните явления или процеси*. Постоянните условия дават възможност случайният експеримент да бъде повтарян произволен брой пъти, при което се проявява средната, закономерна тенденция.

Непостоянните фактори (условия) определят случайното, непредсказуемостта в случайния експеримент. Когато се говори за повтаряне на опита при едни същи условия, трябва да се има предвид, че неизменни са оставали само условията от първата група – постоянните.

Всяко явление или процес може да се опише с един от следните модели (фиг.2.1.): случайни събития, случайни величини и случайни функции.



| | |
|-------|-----------------------------|
| S | Обекти за управление |
| x_i | Входни управляеми фактори |
| z_j | Входни неуправляеми фактори |
| y_i | Изходни параметри (реакции) |

Фиг. 2.1. Модели за описване на явленията и процесите

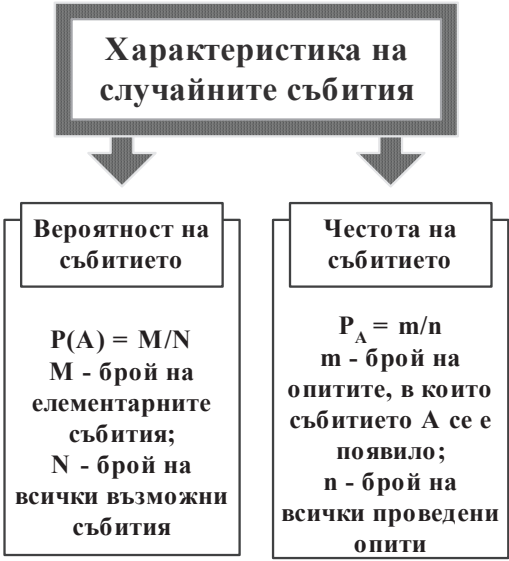
Реализацията на определен комплекс от условия се нарича ОПИТ, а провеждането на опита и отчитането на съответния изход се наричат *случаен експеримент* или *изпитване*.

Събитие, което при даден опит може да се появи или да не се появи, се нарича *случайно събитие*.

Примери:

Случайни събития са: броят на отказите на машините; броят на произведените детайли за определено време; броят на дефектните изделия; броят на травмите във фирмата; броят на дните в отпуск по болест и т.н.

Основните характеристики на случайните събития и начина на определянето им са дадени на фиг. 2.2.

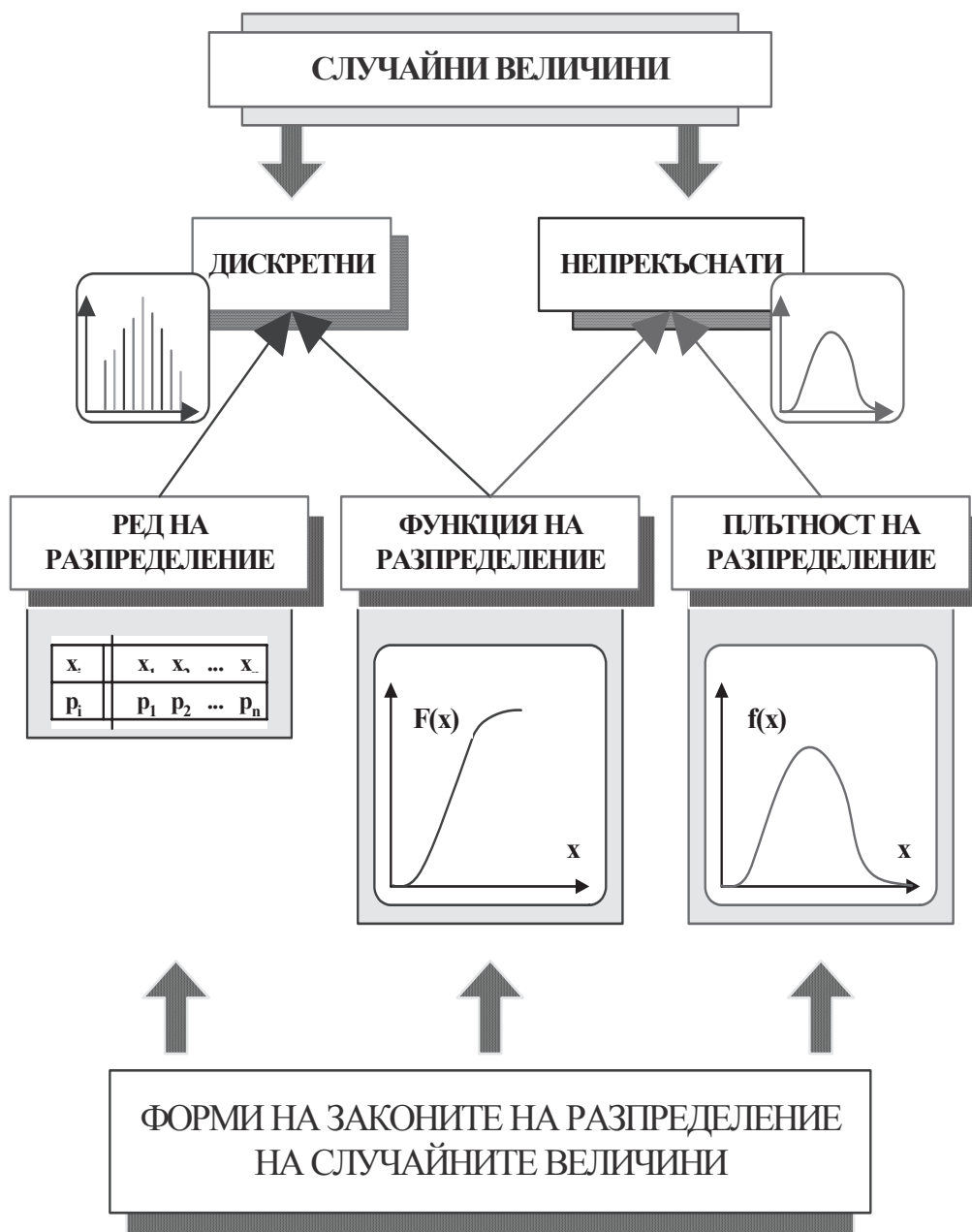


Фиг. 2.2. Характеристика на случайните събития

Случайна величина е променлива величина, която при провеждането на даден опит приема една и само една от възможните си стойности, която до провеждането на опита не може да се предскаже. Случайните величини са *дискретни* и *непрекъснати*, формите на законите им на разпределение са *ред на разпределение*, *плътност* и *функция на разпределение* (фиг. 1.3.).

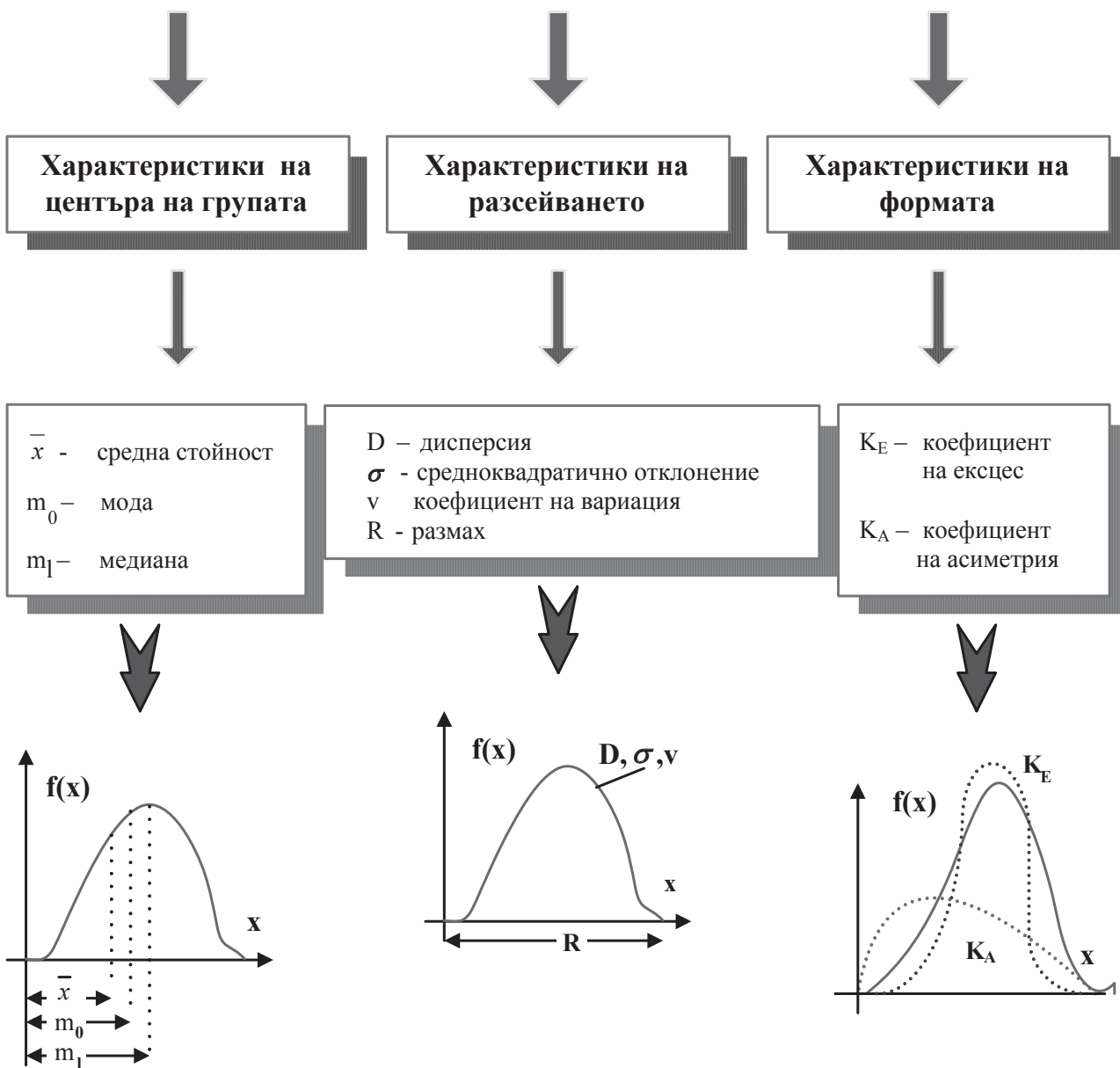
Дискретни са онези случайни величини, които могат да приемат отделни, изолирани една от друга стойности с определена вероятност. Например броят на отказите на машините, броят на спиранията на технологичната линия, броят на некачествените детайли в дадена партида. Резултатът от моментното наблюдение при дискретните случайни величини се получава *чрез броене*.

Непрекъснати - са онези случайни величини, които могат да приемат всички стойности от даден краен или безкраен интервал. Ясно е, че броят на възможните стойности на непрекъснатите случайни величини е неограничен и преди опита те не могат да бъдат указани. Резултатът от опита при непрекъснатите случайни величини се получава чрез *измерване*.



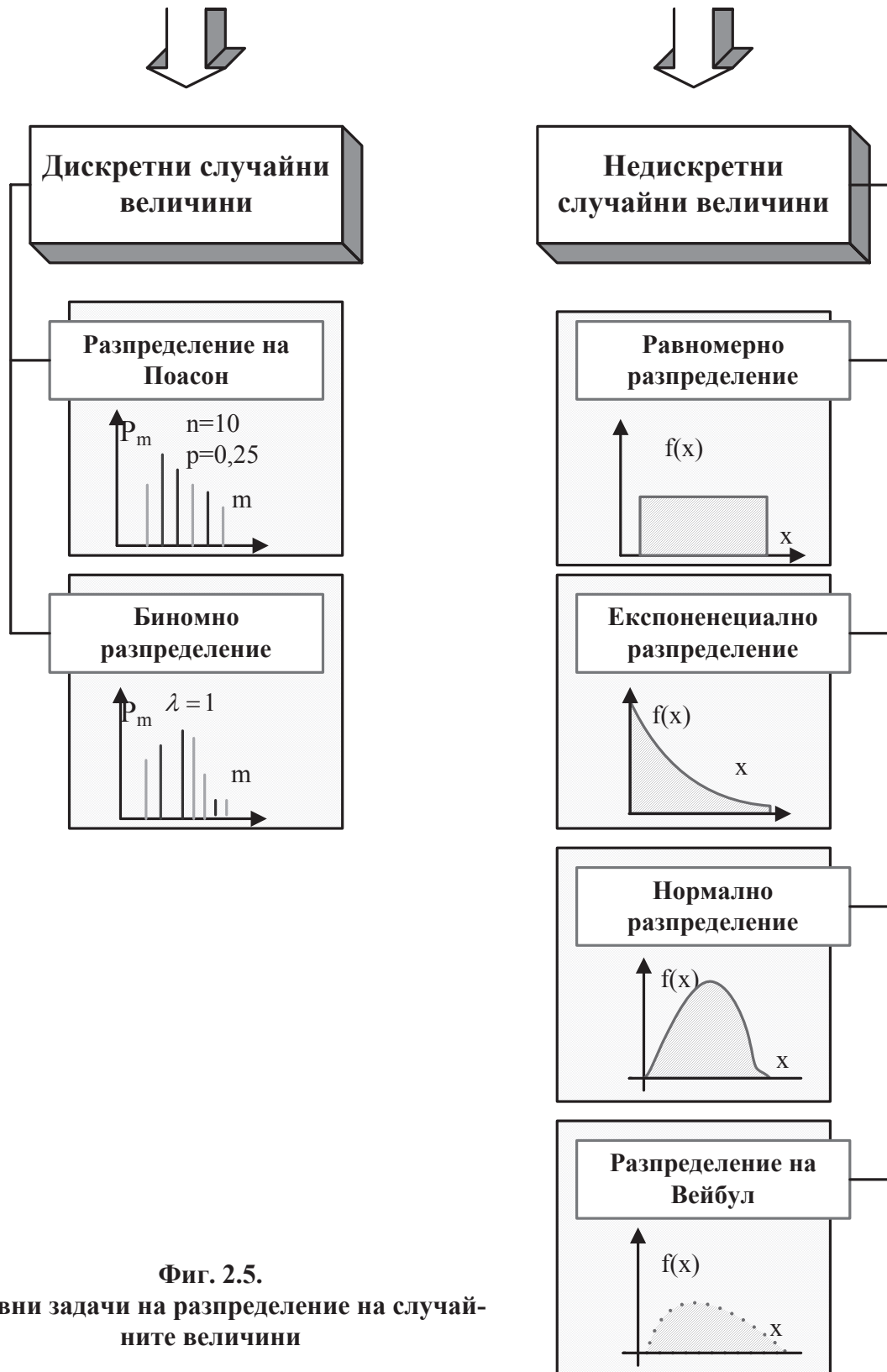
Фиг. 2.3. Видове случайни величини и форми на законите им на разпределение

ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СЛУЧАЙНИТЕ ВЕЛИЧИНИ

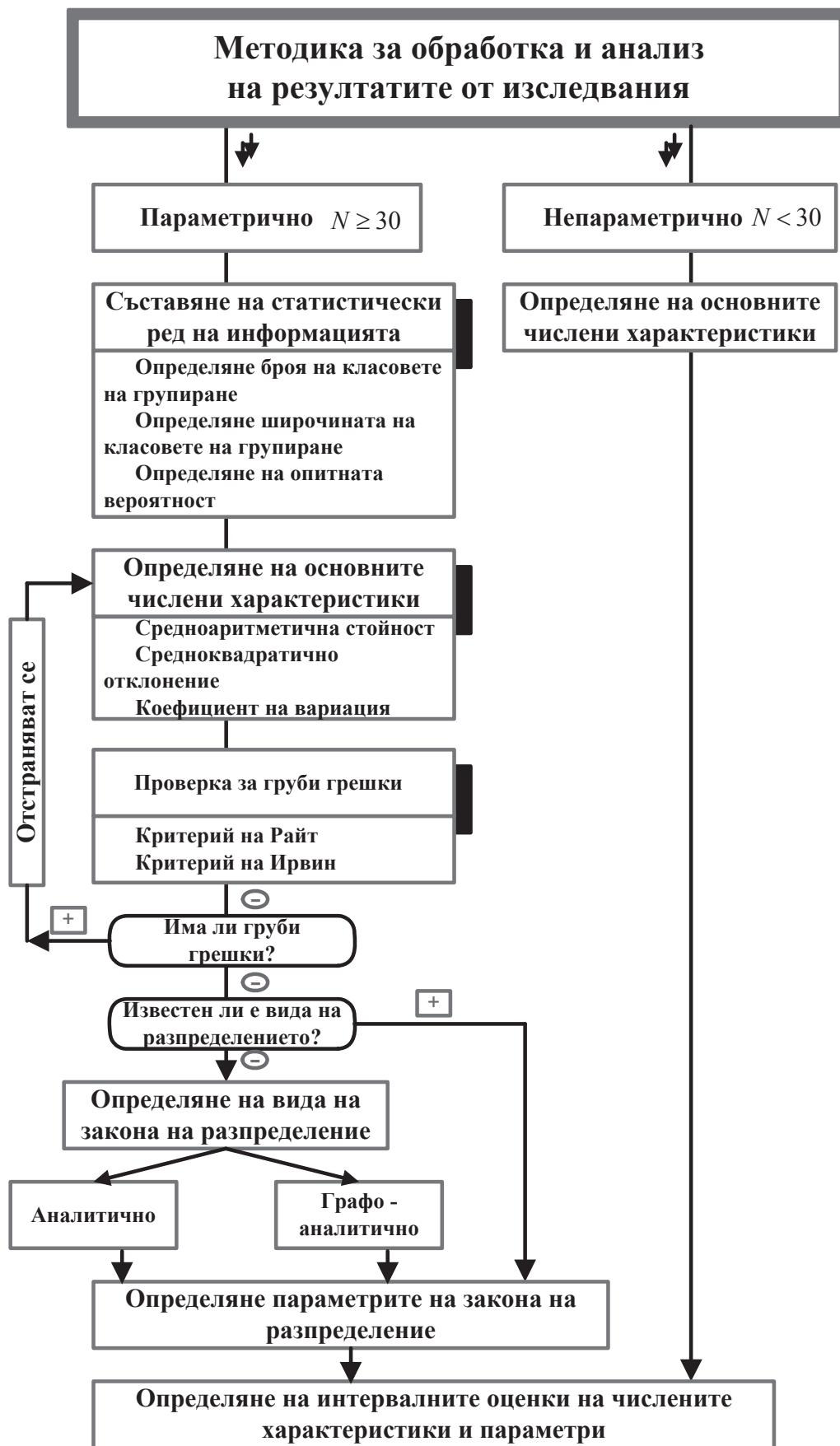


Фиг. 2.4. Основни числени характеристики на случайните величини

ЗАКОНИ НА СЛУЧАЙНИТЕ ВЕЛИЧИНИ



Фиг. 2.5.
Основни задачи на разпределение на случайните величини



Фиг. 2.6. Методика за определяне на числените характеристики на случайните величини

Например, загубите при технологичните процеси, отклоненията на размерите на даден детайл от техните номинални стойности, времето между два последователни отказа на машините, времето между две последователни спирания на технологичния процес, размерите на частиците при раздробяване на рудни изкопаеми и т.н.

Всяка случайна величина е напълно определена от вероятностна гледна точка със своя **закон на разпределение**, който има две форми.

При **дискретните случайни величини** тези форми са **редът на разпределение** и **функцията на разпределение**, а при **непрекъснатия** - **функцията на разпределение** и **плътността на разпределение**.

Редът на разпределение съдържа всички възможни стойности на дискретната случайна величина, съответните им вероятности, с които тя заема тези стойности. Той може да се зададе таблично, графично или аналитично (невинаги).

Функцията на разпределение $F(x)$ изразява вероятността P случайната величина X да приема стойност, по-малка от дадено действително число x , т.е.

$$F(x) = P(X < x)$$

Функцията на разпределение има следните свойства:

□ Стойностите на $F(x)$ принадлежат на интервала $[0, 1]$, т.е.

$$0 \leq F(x) \leq 1;$$

□ $F(x)$ е ненамаляваща, т.е. ако $x_2 > x_1$, то $F(x_2) \geq F(x_1)$;

□ Ако възможните стойности на случайната величина X принадлежат на интервала $[a, b]$, то $F(x) = a$ при $x \leq a$ и $F(x) = 1$ при $x \geq b$.

Плътността на разпределение е втората форма на закона на разпределение на непрекъснатите случайни величини. Тя е първа производна на функцията на разпределение, т.е.

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx} \equiv F'(x).$$

Затова $f(x)$ се нарича още **диференциална** функция.

Плътността на разпределянето $f(x)$ има следните свойства:

□ Тя е неотрицателна, т.е.

$$f(x) \geq 0.$$

□ Несобственият интеграл от $f(x)$ в граници от $-\infty$ до $+\infty$ е равен на единица, т.е.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1.$$

Прието е графиката на плътността на разпределение $f(x)$ да се нарича **крива на разпределение**.

Често при изучаване на дадено явление или процес не е нужно да се познават изцяло случайните величини, с които се описват, т.е. да се познават законите на разпределение на тези величини, а е напълно достатъчно да се познават някои техни особени стойности и числени характеристики.

Числените характеристики на случайните величини се групират в три групи: характеристики на центъра на групиране; характеристики на разсейването; характеристики на формата (фиг. 2.4).

Математическото очакване е център, около който се групират в една или друга степен възможните стойности на дадена случайна величина. Често в практиката неправилно се смесват понятията “средна стойност” и “средноаритметична стойност”. Средноаритметичната стойност \bar{x} се определя въз основа на определен брой опитно получени стойности на x и тя е само едно приближение на средната стойност $m[x]$, която е теоретична характеристика и може да се определи точно само ако е известен съответният закон на разпределение.

Мода на случайната величина x се нарича онази нейна стойност, на която отговаря най-голяма величина при нейна стойност, при дискретните случайни величини и за която плътността на разпределение $f(x)$ има максимум, при непрекъснатите случайни величини.

Модата се означава с буква **М**. Ако плътността на разпределение $f(x)$ има само една мода (един максимум) разпределението се нарича едномодално (уно-модално). Може да има дву-, три- и т.н. модални разпределения.

Медиана се нарича стойността $x_{1/2}$ на случайната величина, за която е изпълнено условието

$$P(x < x_{1/2}) = P(x > x_{1/2}).$$

При непрекъснатите случайни величини медианата е равна на абсцисата на точката в която прекараната вертикална права разделя площта под кривата на разпределението на две равни части.

Ако при дискретните случайни величини не може да се намери стойност на x , която да удовлетворява горното условие, намират се съседни стойности x_k и x_{k+1} , за които са изпълнени неравенствата

$$P(x < x_k) < \frac{1}{2} \text{ и } P(x > x_{k+1}) < \frac{1}{2}.$$

Тогава за медиана се приема средноаритметична стойност

$$X_{1/2} = \frac{X_k + X_{k+1}}{2}.$$

Ако разпределението е симетрично спрямо математическото очакване $m[x]$, тогава медианата $x_{1/2}$ и $m[x]$ съвпадат. Ако при това разпределението е и едномодално, то с $x_{1/2}$ и $m[x]$ съвпада и модата **М**. Такъв е случаят с широко използваното в теорията и практиката нормално разпределение.

Към числените характеристики, които определят разсейването на случайната величина, спадат: размахът, дисперсията, средноквадратичното отклонение и коефициентът на вариация.

Размахът R е равен на разликата между най-голямата и най-малката стойност на случайната величина X , т.е.

$$R[X] = X_{\max} - X_{\min}.$$

СЪДЪРЖАНИЕ

| | | |
|-----------------|---|------------|
| | УВОД | 5 |
| ГЛАВА 1. | РИСК НА РАБОТНОТО МЯСТО И ОКОЛНАТА СРЕДА | 6 |
| 1.1. | Основни термини и определения | 6 |
| 1.2. | Класификация на риска на работното място и околната среда | 9 |
| ГЛАВА 2. | ОСНОВИ НА ТЕОРИЯТА НА ВЕРОЯТНОСТИТЕ И МАТЕМАТИЧЕСКАТА СТАТИСТИКА | 12 |
| 2.1. | Моделни и методи за количествена оценка на риска | 13 |
| 2.2. | Методика за статистическа обработка на информацията при големи извадки | 25 |
| 2.3. | Методика за статистическа обработка на информацията при малки извадки | 43 |
| ГЛАВА 3 | ОРГАНИЗАЦИЯ НА ПРОЦЕСА НА ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ НА РИСКА НА РАБОТНОТО МЯСТО И ОКОЛНАТА СРЕДА | 46 |
| 3.1. | Определение | 46 |
| 3.2. | Обща схема на процеса на определяне и управление на риска | 46 |
| ГЛАВА 4 | МЕТОДИ ЗА ВЪЗДЕЙСТВИЕ И ОЦЕНКА НА РИСКА НА РАБОТНОТО МЯСТО И ОКОЛНАТА СРЕДА | 49 |
| 4.1. | Методи за въздействие върху риска | 49 |
| 4.2. | Методи за оценка на риска на работното място и околната среда | 51 |
| 4.3. | Оценка на екологичен риск | 79 |
| 4.4. | Метод за проверка на съгласуваността на мненията на експертите при оценка на риска по експертни методи | 81 |
| 4.5. | Анализ на риска в топлоелектрическа централа | 87 |
| 4.6. | Прилагане на компютърни модели при оценката на риска за целите на аварийното планиране в обектите от химическата промишленост | 92 |
| ГЛАВА 5 | ОЦЕНКА НА ЗАГУБИТЕ ОТ РИСК НА РАБОТНОТО МЯСТО И ОКОЛНАТА СРЕДА | 104 |
| ГЛАВА 6 | ФИНАНСИРАНЕ НА РИСКА | 106 |
| ГЛАВА 7 | КРИТЕРИИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СТАТИСТИЧЕСКАТА ЗНАЧИМОСТ НА РЕЗУЛТАТИТЕ СЛЕД ДЕЙСТВИЯ ЗА НАМАЛЯВАНЕ НА РИСКА | 107 |
| 7.1. | Параметрични критерии | 107 |
| 7.2. | Непараметрични критерии | 112 |
| | Приложение | 117 |
| | Библиография | 124 |