

Програми за едномерен анализ на емпирични геоложки данни

Евстати Иванчев

*Научноизследователски институт по полезни
изкопаеми, 1505 София*

E. Ivanchev — Programs for One-Dimensional Analysis of Empirical Geologic Data. The paper presents programs for analysis of one-dimensional empirical distributions. Their practical application is illustrated by parts of analysed data from the engineering-geological studies in the Dobrudža coal basin (DCB).

The initial treatment of input data is described — determination of quantitative characteristics, choice of qualitative parameters and their coding. The DCB data are recorded on magnetic tape. On the basis of the qualitative feature "lithology" samples are compiled. The empiric distribution of volume weight, pore volume, compression and tension strength and the cohesion of limestones and dolomites are analysed. Histograms and cumulative curves are obtained, the elementary statistics are computed, the optimum boundaries of the parameters and the statistics within these boundaries are determined. The equations of the distribution curves of all studied parameters are derived.

It is established that the limestones and dolomites from DCB are of intermediate strength, the dolomites having higher physicommechanical properties. The theoretical distribution curves of all parameters considerably deviate from the normal curve.

Увод. Създаването на пакети от приложни програми е перспективно направление в развитието на математичното осигуряване на ЕИМ. Нуждата от такива специализирани програми и пакети за обработка на резултати от геоложки проучвания е голяма. В много случаи данни, получени в резултат на скъпи полеви и лабораторни изследвания, не се интерпретират и обработват на необходимото ниво. Често те дори съвсем не се обработват, а се съхраняват във вид на таблици, протоколи от анализи и др., включени в представените в края на проучването доклади. Причините за това са комплексни, но най-важната е, че методите за обработка на данните са много трудоемки и в някои случаи непознати на съответните лица. Наличието в НРБ на ЕИМ с големи възможности е благоприятна предпоставка за преодоляването на тези недостатъци. Необходимо е да се засили разработването и внедряването на пакети от приложни геоложки програми, което ще позволи интерпретацията и анализът на получените резултати да се извършват на качествено ново ниво. Предлаганият пакет от програми е написан на алгоритмичния език FORTRAN IV. Неговите възможности са илюстрирани чрез част от обработките на данни от инженерногеоложките проучвания на Добруджанското въглищно находище.

Подготовка на входните данни. Основният числов материал се представя под формата на масиви от данни. Всеки масив се състои от резултатите

Таблица 1

Описание на част от качествените и количествените параметри от инженерногеоложките изследвания на Добруджанския възлищен басейн

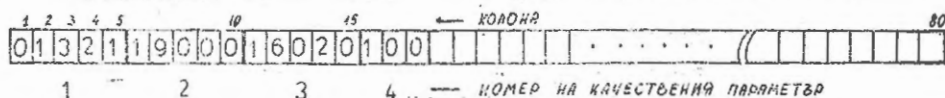
Номер на параметъра	Описание	Код	Дименсия
	Качествени параметри		
1	Басейн, район, площ	01321	—
2	Стратиграфска привързаност		
	сармат	17130	—
	горна креда	15200	—
	малм—валанж	19000	—
	горен карбон	11200	—
3	Литоложка характеристика		
	глини	13030	—
	варовици	16030	—
	доломити	16020	—
	мергели	16050	—
	пясъчници	13190	—
	Количествени параметри		
3	Обемно тегло	—	g/cm ³
5	Обем на пзрите	—	%
9	Якост на натиск в сухо състояние перпендикулярно на слоистостта	—	kg/cm ²
15	Якост на опън в сухо състояние перпендикулярно на слоистостта	—	"
19	Кохезия в сухо състояние перпендикулярно на слоистостта	—	"

от изследванията на m проби. Тези резултати могат да бъдат качествени и количествени. Описателните (качествени) характеристики след съответно кодиране служат за формиране на извадки с оглед решаването на определени задачи — обработки на различни по литология, възраст, местоположение и т.н. скали. Преди въвеждането на всеки масив от данни качествените характеристики и кодове се уточняват с оглед да се удовлетворят изцяло изискванията и спецификата на конкретната задача. Съществуват задачи, за решаването на които не е необходимо да се въвеждат качествени характеристики за пробите или пък съответното лице или организация не разполага с такива. Пакетът от програми може да работи както с масиви от качествени и количествени данни, така и с масиви само от количествени данни.

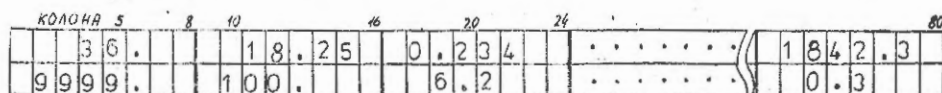
Всяка проба от масива се характеризира от n на брой количествени показатели на свойствата ѝ (параметри) ($n \leq 100$). Всеки масив се съпътства от писмено описание на качествените и количествените параметри. В разглеждания случай пълният брой на количествените параметри е 36, а на качествените — 4 (табл. 1).

В съответствие със съставените описания започва попълване на данните върху стандартни бланки за ЕИМ. Качествените параметри за всяка проба заемат самостоятелен ред (фиг. 1).

Количествените данни се нанасят еднотипно върху бланките — максимално по 10 реални числа на един ред. Всяка цифра трябва да попада в ин-



Фиг. 1. Качествена характеристика на инженерногеоложка проба от Добруджанския въглищен басейн



Фиг. 2. Примерно попълване на количествени данни. 9999, означава, че няма определена цифрова стойност за съответния параметър — липса на данна

зerval от 8 колони, като задължително има десетична точка в отделна позиция. В болшинството геоложки масиви от данни съществуват липси, т.е. на някои проби не са измерени всички показатели, влизайщи в списъка. За този случай е предвиден символ за липса на данни (фиг. 2).

След попълването на данните за всички проби, което е най-трудоемката работа, информацията се пренася върху стандартни 80-колонни перфокарти, след което чрез програма СТРОЕ се въвежда в ЕИМ и се записва на магнитна лента (МЛП).

Технологична схема. При наличие на вярно въведен масив от данни може да започне същинската обработка. За нейното рационално провеждане е необходимо да бъдат уточнени видът, обемът, етапността и възможните срокове за изпълнение на обработките — съставя се т. нар. технологична схема. Обемът се определя главно от качествените параметри или комбинациите от тях, по които ще се правят извадките за обработка. Уточнява се за кои количествени параметри от съответните извадки какви обработки са необходими. Наличието на технологична схема има голямо значение, защото при нейното съставяне се формулират задачите, ясно се поставят целите и се избягват известни увлечения към ненужно разширяване и тотализиране на обработките.

Технологичната схема за разглеждания случай е следната: да се извърши пълен едномерен статистически анализ на емпиричните разпределения на количествени параметри № 3, 5, 9, 15 и 19. Извадките да се направят по качествен параметър № 3 (литология) и да обхващат варовици с код 16030 и доломити с код 16020. Общият брой на задачите е 10.

Анализ на едномерните емпирични разпределения. По така изготвената технологична схема чрез програма ARQUAL се извършват посочените извадки. Данните се подреждат по големина в нарастваща последователност. На печат се извеждат по 4 таблици за всеки количествен параметър: 1. Номерата на пробите по реда на тяхното записване в масива, чийто код съвпада с търсения и в които не липсва данна за количествения параметър; 2. Стойности на количествения параметър, съответстващи на номерата, отпеча-

Таблица 2

Емпирично разпределение на якостта на огън перпендикулярно на наслояването на варовици в сухо състояние от Добруджанския въглищен басейн

Номер на интервала	Емпирична честота	Натрупана емп. честота	Вероятност	Натрупана вероятност
1	8	8	0,129	0,129
2	19	27	0,306	0,435
3	13	40	0,210	0,645
4	10	50	0,161	0,806
5	7	57	0,113	0,919
6	3	60	0,048	0,968
7	2	62	0,032	1,000

тани в предишната таблица; 3. Номерата на пробите след подреждането по големина на стойностите на параметъра. Първият номер съответствува на минималната стойност в извадката, а последният — на максималната; 4. Подредени по големина данни за съответната извадка.

Изходът на печат на програма ARQUAL характеризира броя на данните във всяка извадка и техния размах. Направените печати дават възможност при по-нататъшната обработка всяка стойност на количествения параметър при необходимост да се привързва към пробата, от която е получена. Подредените по големина ендемерни извадки се записват върху магнитна лента (МЛ2).

В зависимост от броя на данните във всяка извадка може да се наложи корекция в технологичната схема, тъй като при по-малко от 30 данни не е правилно да се извършва пълният цикъл от обработки. В разглеждания случай (табл. 5) подобни корекции не са необходими.

Програма PAED, която осъществява статистическия анализ на едномерно емпирично разпределение, може да работи по осем различни варианта. Най-често се работи по два основни варианта, условно наречени „етап 1“ и „етап 2“. Етап 1 може да се прилага и при извадки, в които има по-малко от 30 данни, докато за преминаване през етап 2 са необходими по-голям брой определения. Операциите, които се извършват в етап 1, са:

1. Подредените по големина данни се прочитат от МЛ2;
2. От таблица се определя броят на интервалите k за разбиране на извадката;

3. Изчислява се дължината на интервала $c = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{k}$;

4. Изчисляват се средите на интервалите xm_i , емпиричните честоти f_i , натрупаните емпирични честоти fs_i , вероятностите p_i , натрупаните вероятности ps_i ($i = \overline{1, k}$) и се отпечатва таблица 2;

5. Формира се запис за чертеж на полигона на честотите и кумулативната крива, които се изчертават допълнително чрез програма GRAALL (фиг. 3);

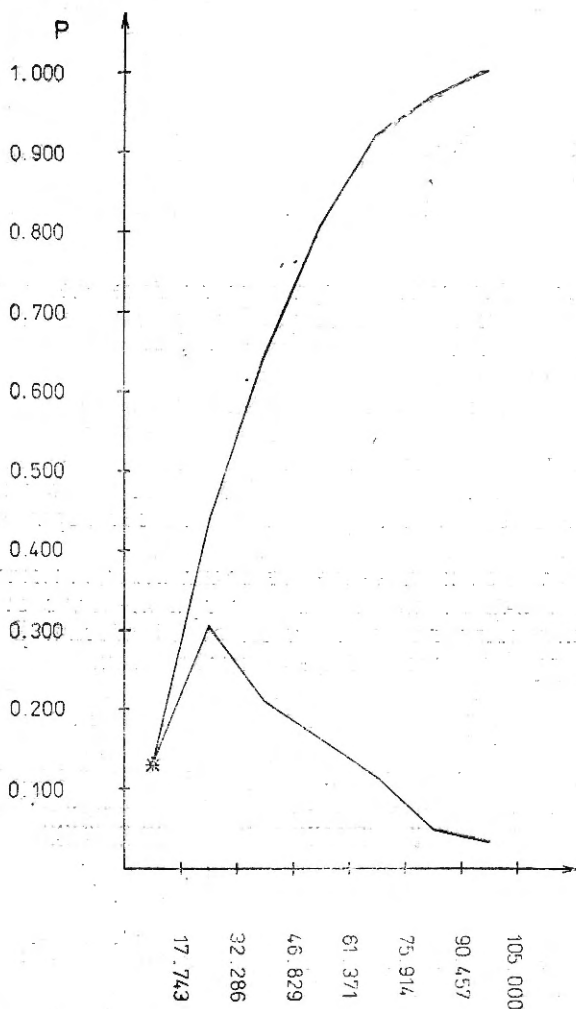
6. Изчисляват се и се отпечатват следните статистики:

— математична надежда (средноаритметична стойност) $\bar{X}^0 = \sum_{i=1}^k p_i * xm_i$,

— медиана M_e^0 при четен брой данни $m = 2l$, $M_e^0 = \frac{x_l + x_{l+1}}{2}$,
при нечетен брой данни $m = 2l + 1$, $M_e^0 = x_{l+1}$,

— дисперсия $\sigma^{02} = \frac{\sum_{i=1}^k xm_i - \bar{X}^0}{m}$,

— стандарт $\sigma^0 = \sqrt{\sigma^{02}}$,



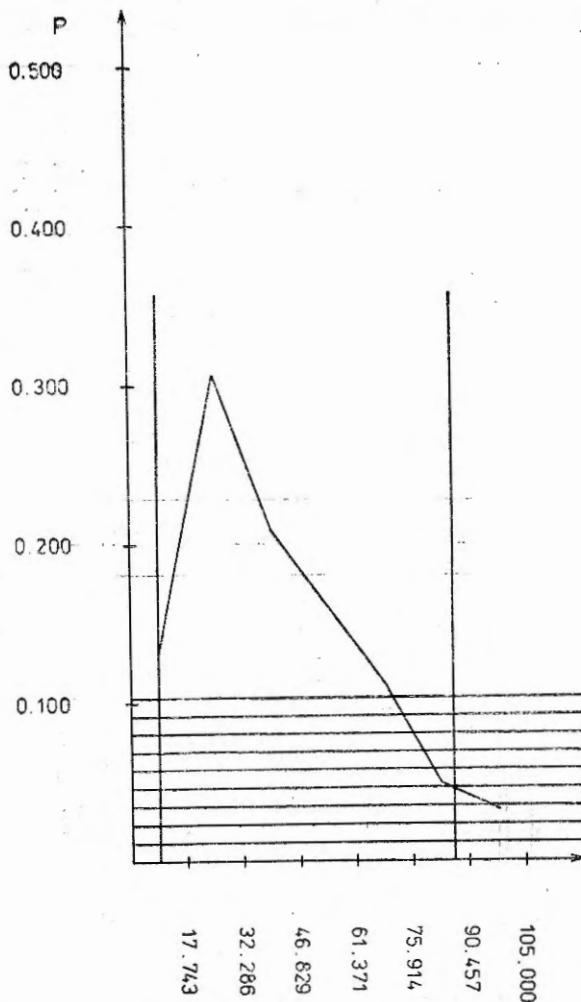
Фиг. 3. Полигон на честотите и кумулативна крива на R_0 на варовици от Добруджанския въглищен басейн

— коефициент на вариация $V^0 = \frac{\sigma^0}{\bar{X}^0} \cdot 100\%$,

— емпирична мода M_0^0 .

Разполагайки с тези резултати, интерпретаторът придобива представа за основните черти на разглежданото емпирично разпределение и може да прави обосновани изводи за причините, които ги обуславят, както и да провежда изчисления, в които влизат тези статистики.

Емпиричното разпределение дава най-обективна информация за изменчивостта на разглеждания параметър. То обаче има нееднаква статистическа обусловеност в различните си части. Различават се три зони — зона без наблюдения, зона на малките вероятности и зона на големите вероят-



Фиг. 4. График на оптимизацията на границите на R_0^1 за варовици от Добруджанския въглищен басейн

ности. Втората зона се определя главно от пробите, в които измерваният параметър има аномално високи или ниски стойности — т. нар. „урагани проби“. Включването на тези стойности при определянето на точковите оценки на емпиричното разпределение (математична надежда \bar{X}^0 и мода M_0^0) в редица случаи е нецелесъобразно. Те допринасят за значително повишаване на σ^0 и V^0 . Затова без правилното регулиране на използваната част от информацията на емпиричното разпределение не могат да се получат точкови оценки, осигуряващи оптимални решения в съответствие с изискванията на конкретните задачи.

Таблица 3

Печат при определяне на областта на най-резкия спад на стандарта при изследване на R_0^1 на варовиците от Добруджанския възлищен басейн

$P_{гр}$	X_{min}	X_{max}	Мат. надежда	Стандарт
0,000	10,47	97,73	42,69	22,28
0,011	10,47	97,73	42,69	22,28
0,023*	10,47*	97,73*	42,69*	22,28*
0,034	10,47	95,84	40,06	19,84
0,046*	10,47*	85,51*	39,30*	19,16*
0,057	10,47	81,19	37,48	17,89
0,064	10,47	78,60	37,48	17,89
0,080	10,47	76,02	37,58	17,72
0,092	10,47	73,44	37,13	17,20
0,103	10,47	70,86	37,13	17,20

Таблица 4

Печат при оптимизиране на границите на R_0^1 на варовиците от Добруджанския възлищен басейн

X_{min}	X_{max}	Мат. надежда	Стандарт
10,47	85,51	39,30	19,16
10,47*	86,73*	39,30*	19,16*
10,47	87,96	40,06	19,84
10,47	89,18	40,06	19,84
10,47	90,40	40,06	19,84
10,47	91,62	40,06	19,84
10,47	92,84	40,06	19,84
10,47	94,06	40,06	19,84
10,47	95,29	40,06	19,84
10,47	96,51	40,11	20,28
10,47	97,73	42,69	22,28

Определянето на оптималните точкови оценки и граници на изследвания количествен параметър се извършва в етап 2 на програма PAED, съставена по дадения от Т и м о в и И в а н ч е в (1978) алгоритъм. Той включва изцяло етап 1, като допълнително се извършва следното:

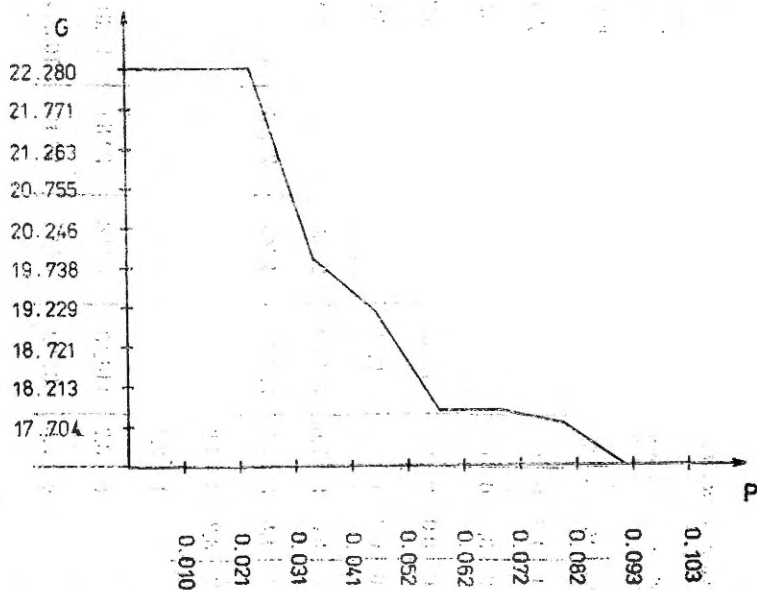
1. Емпиричното разпределение на изследвания параметър се пресича при постоянно нарастващи гранични вероятности $P_{гг}$ (фиг. 4), при което отляво и (или) отдясно отпадат малко вероятните стойности. В получените граници се изчисляват математичната надежда \bar{X}_i , стандартът σ_i и се отпечатват (табл. 3).

2. Изследва се зависимостта на изменението на стандарта от граничните вероятности (фиг. 5). Максимално резките спадове в σ_i определят зоната между две или повече последователни пресичания на емпиричното разпределение, в която попада границата на ураганните проби.

3. Извършва се оптимизация вътре в така очертаната зона отделно за намиране на лявата и дясната оптимална граница X_{min}^* и X_{max}^* на изследвания параметър (фиг. 4). Вътре в тези граници се изчисляват математичната

надежда \bar{X}^* , стандартът σ^* и коефициентът на вариация V^* . Процесът на оптимизация може да се проследи по отпечатаната табл. 4.

Интерпретация на резултатите от едномерния статистически анализ на емпиричните разпределения. В табл. 5 са дадени резултатите от об-



Фиг. 5. Зависимост $\sigma_i = f(P_{гр})$ за $R_{\frac{1}{0}}$ на варовици от Добруджанския въглищен басейн

работките, извършени в съответствие с технологичната схема. По-съществени изводи, които могат да се направят, са следните:

1. Съпоставките между \bar{X}^0 , M_2^0 и M_3^0 за всички параметри говорят за асиметричност на разпределенията, особено силно изразена за обема на порите.

2. Разсейването на данните около \bar{X}^0 е най-слабо за обемното тегло и най-силно за обема на порите. Якоствните характеристики на варовиците и доломитите имат почти еднакъв стандарт. Разликите във V се дължат на различията в \bar{X}^0 .

3. Елиминирането на лявоекстремалните и дясноекстремалните стойности подобрява компактността на данните. Най-ярко изразено е влиянието на ураганните проби върху характеристиките на емпиричното разпределение на пористостта на доломитите. Отхвърлянето само на една дясноекстремална стойност намалява коефициента на вариация от 70,15% на 44,35%.

4. Общата тенденция на изменението на \bar{X}^0 след отхвърлянето на екстремалните значения е към намаление. Изключение прави кохезията на доломитите.

5. Средното обемно тегло на доломитите е по-голямо от това на варовиците с 5,8% и говори за средната здравина на скалите (Л о м т а д з е, 1970).

6. Пористостта на доломитите е по-ниска с 11,1%. Този показател също косвено свидетелствува за средната здравина на скалите (С е р г е е в и др., 1973).

Таблица 5

Резултати от едномерния анализ на емпиричните разпределения на изследваните параметри

Парам. №	Скала	m_0	X_{\min}^0	X_{\max}	\bar{X}^0	σ^0	M_e^0	M_0^0	$V_0^0, \%$	Лявоекстремали		Дясноекстремали		X^*	σ^*	V_0^*	X_{\min}^*	X_{\max}^*
										бр.	%	бр.	%					
3	варовици	79	1,56	2,70	2,43	0,21	2,49	2,63	8,71	1	1,3	0	0,0	2,41	0,19	7,95	1,83	2,70
	доломити	65	1,61	2,75	2,57	0,16	2,59	2,67	6,07	2	3,1	0	0,0	2,51	0,11	4,43	2,37	2,75
5	варовици	78	1,82	46,20	11,21	8,42	9,72	4,59	75,11	0	0,0	2	2,6	10,36	6,26	60,46	1,82	42,56
	доломити	65	2,20	57,30	9,89	6,94	8,80	6,14	70,15	0	0,0	1	1,5	9,21	4,08	44,35	2,20	23,38
9	варовици	71	43,00	1274,0	581,60	285,6	516,00	427,70	49,10	4	5,6	5	7,0	541,80	205,8	38,00	119,90	1041,3
	доломити	55	49,00	1441,0	810,10	284,6	846,00	943,90	35,13	1	1,8	3	5,5	780,40	234,0	29,98	159,10	1332,1
15	варовици	62	3,20	105,0	40,96	21,87	34,30	25,01	53,40	2	3,2	3	4,8	39,30	19,16	48,76	10,47	86,73
	доломити	42	4,40	102,0	58,23	19,59	61,50	61,33	33,64	1	2,4	1	2,4	56,66	15,80	27,89	16,55	93,61
19	варовици	69	0,33	280,0	121,64	62,68	120,00	140,16	51,33	4	5,8	6	8,7	116,13	45,88	39,50	20,31	218,89
	доломити	54	7,20	287,0	182,63	63,52	200,00	187,07	34,78	8	15	4	7,5	201,99	44,81	22,18	106,66	267,01

Таблица 6

Печат при анализа на адекватността на подобрения теоретичен модел на разпределение на R_0^{\perp} за варовиците от Добруджанския въглищен басейн

Номер на интервала	Емпирична честота	Теоретична честота	Разлика
1	7,000	9,629	-2,629
2	14,000	12,827	1,173
3	12,000	8,685	3,315
4	4,000	6,958	-2,958
5	8,000	5,887	2,113
6	3,000	5,083	-2,083
7	5,000	4,376	0,624
8	4,000	3,558	0,442

7. Отношението R_H/R_0 за варовиците и доломитите е ≈ 14 , R_H/C за варовиците е 4,7, а за доломитите е 4,4.

8. Якостните характеристики на доломитите превишават тези на варовиците за R_H^{\perp} с 39,3%, за R_0^{\perp} с 42,2% и за C^{\perp} с 50,1%.

9. Математичните надежди за R_H^{\perp} , R_0^{\perp} и C доказват средната здравина на варовиците и доломитите от Добруджанския въглищен басейн.

Анализ на едномерните теоретични разпределения. Известно е, че всяка случайна величина притежава някакво разпределение. Неговият вид и характер зависят от естеството на разглежданата величина. Най-често срещаната задача в геологията е по съществуващи експериментални данни за случайната величина x_i да се определя нейното разпределение.

Теоретичните разпределения имат голямо значение за вникване в същността на разглеждания параметър. Крайна цел при изследване на разпределението на случайната величина представлява установяването на уравнението на нейната крива на разпределение (М и т р о п о л ь с к и й, 1971).

Един от най-общите статистически модели за апроксимация на емпирични разпределения на една случайна величина е моделът на Марков — Колмогоров. Този модел води до пределните стохастични криви на П и р с ъ н (К е н д а л и С т ъ ю а р т, 1966). Системата от кривите на П и р с ъ н обхваща всички възможни разпределения (М и т р о п о л ь с к и й, 1971) и по тази причина е много подходяща за нуждите на геологията. Сложността на приложението ѝ се състои предимно в трудоемката изчислителна работа, но изготвената за тази цел програма (И в а н ч е в, 1978) премахва тази трудност.

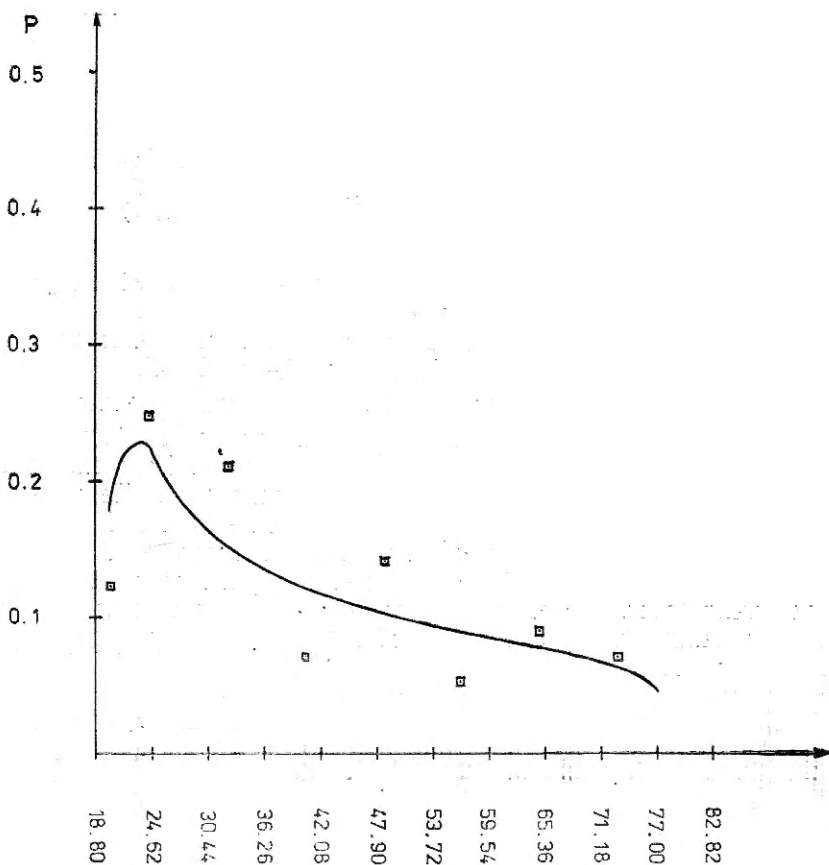
Анализът на теоретичното разпределение на изследваната величина се извършва задължително след преминаване през етап 2 на анализа на емпиричното разпределение. Това се налага поради обстоятелството, че наличието на ураганни стойности в извадката може значително да промени и замъгли теоретичното разпределение. Ето защо в програмата PIRCUR за изследване на теоретичното разпределение се влиза в оптималните граници X_{\min}^* и X_{\max}^* за изследвания параметър. Операциите, които се извършват от тази програма, са:

1. Подредените по големина данни се прочитат от МЛ2.
2. Отпечатват се входните данни без ураганните стойности.
3. Изчисляват се емпиричните честоти f_i и средите на интервалите x_{mi} .
4. Изчисляват се началните моменти

$$m_h = \sum_{i=1}^n x m_i^h * f_i, \quad h=1, 2, 3, 4.$$

5. Изчисляват се и се отпечатват централните моменти

$$\mu_2 = m_2 - m_1^2,$$



Фиг. 6. Теоретична крива на разпределението на R_0 на варовици от Добруджанския въглищен басейн

$$\mu_3 = m_3 - 3m_1m_2 + 2m_1^3,$$

$$\mu_4 = m_4 - 4m_3m_1 + 6m_2m_1^2 - 3m_1^4.$$

6. Изчисляват се и се отпечатват основните моменти

$$r_h = \frac{\mu_h}{\sigma^h}, \quad h=3, 4.$$

7. Изчислява се и се отпечатва коефициентът на Пирсън

$$x = \frac{r_3^2 (r_4 + 3)^2}{4(4r_4 - 3r_3^2)(2r_4 - 3r_3^2 - 6)}.$$

Таблица 7

Характеристики на теоретичното разпределение на изследваните инженерногеоложки параметри от Добруджанския възлищен басейн

Параметър	Скала	A	E	κ	Тип	Уравнение	x^2	Степени на свобода
3	варовици	-9,978	-0,039	-0,321	I	$\tilde{n}_j = 1,788 \left(1 + \frac{x_j}{0,557}\right)^{0,527} \left(1 - \frac{x_j}{0,189}\right)^{-0,482}$	2,637	1
γ	доломити	-0,088	-0,934	-0,003	I	$\tilde{n}_j = 10,496 \left(1 + \frac{x_j}{0,213}\right)^{0,772} \left(1 - \frac{x_j}{0,160}\right)^{0,582}$	3,165	3
5	варовици	1,100	0,536	-0,480	I	$\tilde{n}_j = 13,942 \left(1 + \frac{x_j}{6,645}\right)^{0,331} \left(1 - \frac{x_j}{24,244}\right)^{1,439}$	1,781	1
n	доломити	0,802	1,755	0,358	IV	$\tilde{n}_j = 1,519 \left(1 + \frac{x_j^2}{8,846^2}\right)^{-6,9} e^{8,823 \arctg \frac{x_j}{8,846}}$	4,251	1
9	варовици	0,312	-0,799	-0,041	I	$\tilde{n}_j = 11,148 \left(1 + \frac{x_j}{249,7}\right)^{0,404} \left(1 - \frac{x_j}{679,0}\right)^{1,098}$	7,202	1
R_H^\perp	доломити	-0,192	-0,891	-0,015	I	$\tilde{n}_j = 10,704 \left(1 + \frac{x_j}{619,9}\right)^{0,909} \left(1 - \frac{x_j}{335,4}\right)^{0,482}$	1,343	1
15	варовици	0,621	-0,818	-0,122	I	$\tilde{n}_j = 7,348 \left(1 + \frac{x_j}{19,819}\right)^{-0,426} \left(1 - \frac{x_j}{39,356}\right)^{0,139}$	2,225	1
R_0^\perp	доломити	-0,172	-1,312	-0,009	I	$\tilde{n}_j = 6,153 \left(1 + \frac{x_j}{28,386}\right)^{-0,202} \left(1 - \frac{x_j}{23,500}\right)^{-0,340}$	1,068	1
19	варовици	-0,104	-0,904	-0,005	I	$\tilde{n}_j = 9,574 \left(1 + \frac{x_j}{107,3}\right)^{0,888} \left(1 - \frac{x_j}{78,4}\right)^{0,469}$	3,053	2
C^\perp	доломити	-0,291	-1,077	-0,029	I	$\tilde{n}_j = 6,454 \left(1 + \frac{x_j}{78,8}\right)^{0,219} \left(1 - \frac{x_j}{56,3}\right)^{-0,129}$	5,996	1

Чрез него се определя към кой тип крива по Пирсън се отнася разглежданото разпределение.

8. Изчисляват се коефициентите на съответната теоретична крива и се отпечатва нейното уравнение.

9. Чрез така полученото уравнение се изчисляват теоретичните честоти за средите на интервалите (табл. 6).

10. Изчисляват се и се отпечатват координатите на теоретичната крива за брой точки $l=10k$.

11. С така изчислените координати чрез програма GRAPIR се изчертава теоретичната крива (фиг. 6).

12. Изчислява се и се отпечатва критерият за съгласие на Пирсън χ^2 , чрез който се установява близостта между емпиричните и теоретичните честоти.

13. Определят се степените на свобода за съответната крива и се отпечатват.

Резултатите от анализа на теоретичните разпределения за разглежданите инженерногеоложки параметри (табл. 7) позволяват да се направят следните изводи:

1. Всички изследвани параметри имат теоретични криви на разпределение, които се отличават значително от кривата на нормалното разпределение.

2. Коефициентът на асиметрия A на кривите за n на варовиците и доломитите е най-висок — те имат най-силно изразена дясна асиметричност на разпределението.

3. Лява асиметричност на разпределението се установява за γ и $C\perp$.

4. Якостните показатели на доломитите притежават лява асиметрия. Варовиците обаче имат както лява асиметрия ($R\perp$), така и дясна асиметрия ($C\perp$).

5. Коефициентът на ексцес E само за n е положителен — кривите са островърхсви.

6. Обемното тегло и якостните показатели притежават отрицателен ексцес — кривите са плосковърхови.

7. Почти всички разглеждани параметри показват разпределение от I тип по Пирсън, което съвпада с β -разпределението. Изключение прави пористостта на доломитите, която има разпределение от IV тип.

8. Критериите за съгласие показват много добра апроксимация на емпиричните данни за всички изследвани параметри. Следователно получените уравнения (табл. 7) могат да се приемат като задоволителни статистически модели на изследваните параметри.

Заключение. Автоматизацията на процеса на статистическа обработка на едномерни емпирични данни дава големи възможности за преминаване към масови изследвания от този род. Това от своя страна позволява на интерпретатора да дава аргументирани заключения, базиращи се на комплексни, строго количествени оценки за разглежданите величини. Наличието на кодирана информация, записана на магнитна лента, дава възможност за многократно обръщение към нея за решаването ѝ на други научни или практически задачи.

Л и т е р а т у р а

- Иванчев, Е. 1978. Использование кривых Пирсона для аппроксимации эмпиричных распределений инженерно-геологических параметров. *Сб. 25 год. ВМГИ*, 4, 195—200.
- Кендалл, М., А. Стьюарт. 1966. *Теория распределения*. М., Наука. 428 с.
- Ломтадзе, В. 1970. *Инженерная геология. Инженерная петрология*. Л., Наука. 479 с.
- Митропольский, А. 1971. *Техника статистических вычислений*. М., Физматгиз. 584 с.
- Сергеев, Е., Г. Голодковская и др. 1973. *Грунтоведение*. М., Изд. Моск. ун-та. 383 с.
- Тимов, Х., Е. Иванчев. 1978. Точкови оценки на информационните потоци при автоматизирани системи за управление. *IV нац. научно-техн. маркшайдерска конференция*, 1, Варна. 124—129.

(Постъпила на 18. VII. 1980 г.)