

РАЗГРАНИЧАВАНЕ НА СЪВКУПНОСТИ ОТ ЛИНЕЙНО ПОДРЕДЕНИ МНОГОМЕРНИ НАБЛЮДЕНИЯ В ПЕТРОЛНАТА ГЕОЛОГИЯ

Мариана Дончева

Минно-геоложки университет
"Св. Иван Рилски"
София 1700, България
E-mail:geoenergy@mail.mgu.bg

Васил Балинов

Минно-геоложки университет
"Св. Иван Рилски"
София 1700, България
E-mail:geoenergy@mail.mgu.bg

Стефан Бояджиев

Софийски университет
"Св. Климент Охридски"
София 1000, България
E-mail: s_boyardjiev@abv.bg

ABSTRACT

In creating of a mathematical model of heterogeneous geological object are used algorithms for destination of linearly arranged combinations of multidimensional observations. In the bases of these algorithms is the idea that the limits are laid where the examined complex of symptoms has greatest relative changes. On the example of Selanovo oil deposit is examined sixdimensional statistic combination of linearly arranged in depth observations of the fracture system in the productive horizon. There are laid statistically stable limits and are searched their interval analogies by programme complex of Visual C++. Analysis of the results shows that the acquired method is legal and proposes good interpretative possibilities. It can be applied and in dissolving of other practical tasks in the sphere of petroleum geology.

В различни по характера си геоложки изследвания често се поставя въпросът за сравняване на едномерни и многомерни геоложки съвкупности с отделяне на еднородни групи в тях. За целта се използват подходящи параметрични и непараметрични статистически тестове. Сравняването обикновено се извършва по най-важните параметри на разпределението на съответните геоложки показатели, каквито са например средната стойност (\bar{x}) и дисперсията (s^2). В този случай задачата за сравняване се формулира така: съществува ли сходство или различие в средните стойности, в разсейването около тях или едновременно и в двата параметри между едноименните показатели (свойства) на сравняваните обекти. Обединяването на "к" обекти в еднородни групи едновременно по средна стойност и дисперсия на съответния показател в тях е удачно да се извърши с V-критерия на Родионов и Верховская (Минеев, 1973). Според този критерий "к" обекти образуват еднородна група (приема се нулева хипотеза за статистическа еднородност - H_0), ако пресметнатата величина V не превишава критичната стойност $\chi^2_{q,f}$ за ниво на значимост q (почти винаги q=0,05) на случайна величина, имаща χ^2 разпределение и f=2(k-2) степени на свобода. Ако резултатът е $V > \chi^2_{q,f}$ се приема алтернативна хипотеза за статистическа нееднородност (H_1). Тогава от "к" групи наблюдения се отстранява групата с максимално V_i (i=1,2,...,k), H_0 се проверява за останалите "к-1" съвкупности и т.н., докато обектите бъдат обединени в еднородни групи, включително и с по един представител.

Известно е, че най-благоприятните условия за прилагането на критерия на Родионов и Верховская са налице когато сравняваните емпирични съвкупности имат нормални разпределения и обемите на извадките им не се различават значително (Минеев, 1973). В геоложката практика това е обичайна ситуация когато се работи с извадки, чийто обем не е по-голям от 15-20 наблюдения.

Тогава всеки от известните модели на разпределение, включително и нормалният, може да се използва с успех за отделните показатели. Най-често тези условия не са налице, още повече като се има предвид "своеобразното" свиване на признаковото пространство до един обобщен показател, в който най-съществена роля за оценките на среднопретеглените му параметри по средна стойност и дисперсия не играят безспорно интересните показатели, а по-скоро по-голямо значение имат показателите с по-голям размах.

Сравнителният анализ на емпиричните съвкупности може да бъде полезен, тъй като предлага възможност за отделяне на еднородни групи разрези, макар и с единични представители. Тези разрези се разглеждат като засебени еднородни съвкупности по предложения комплекс от показатели, съдържащи цялата налична информация за тях от сондажните данни, преобразувана в един обобщен показател по подходящ начин. При бъдещи изследвания, обобщения или площни построения този комплекс от показатели се променя в зависимост от целите, които се преследват. При всички случаи обаче се налага използваните показатели да бъдат средно претеглени стойности от наличните данни за всяка отделена в площта еднородна група сондажи. Очевидно е, че крайният резултат ще зависи и от преобразуването на цялата информация в един комплексен показател, който по своеобразен начин отразява съвкупното изменение на всички съставлящи го показатели.

Въпросът за групирането на сондажните разрези може да се формулира и по друг начин, а именно обединяването им да стане поотделно по \bar{x} и по s^2 . Като подходящи критерии тогава могат да се използват например еднофакторният рангов дисперсионен анализ на Краксл Уолис, както и χ^2 критерия с използването на статистиката на Wilcoxon (за обединяването по \bar{x}) или опростената

процедура на критерия на Бартлет и χ^2 тест с използването на статистиката на Бартлет и преобразуването на Патнайк (за обединяване по s^2). По принцип при прилагането на V-критерия на Родионов и Верховская се използват по-пълно статистическите характеристики на изследваните показатели.

В петролната геология традиционно се налага да се проследява комплексното изменение на различни показатели в сондажни разрези и по тях да се отбиват оглед корелацията на отделените интервали в разрезите. Традиционните геоложки методи в такъв случай винаги отдават предпочитание на един, различен в представите на отделните изследователи, показател или на предполагаемо решение въз основа на визуалното изменение на няколко или на всички показатели. Ако се построи математичен модел на нееднороден геоложки обект, съществуват алгоритми за разграничаване на съвкупност от линейно подредени многомерни наблюдения, каквито са сондажните данни (Родионов, 1981). В основата на алгоритмите е заложена идеята, че границите следва да се прокарат там, където разглежданите признаци претърпяват най-големи относителни изменения, а не там, където поведението им е сравнително стабилно. Търсенето на граници протича в три етапа: проверка на хипотезата за еднородност, търсене на границите и отстраняване на възможни лъжливи сред тях. Намерените еднородни съвкупности в два съседни сондажа могат да се съпоставят в опита да се търси обединяване на подразделенията, близки по

комплекса от разглеждани признаци, и намирането на самостоятелни подразделения, които нямат аналози в нито един от сравняваните разрези. Статистическите тестове включват пресмятане на величината V_k ($k=1,2,\dots,n$) за всяка проба (образец) от сондажната ядка по данни от изследваните m показатели в нея и сравняване на максималната ѝ стойност сред възможните n стойности с критичната $\chi^2_{q,m}$ на имаща χ^2 разпределение случайна величина (граница се прокара след k -тата проба при $\max V_k > \chi^2_{q,m}$) и процесът продължава за всяка от отделените еднородни групи по същия начин.

Алгоритмът за съпоставяне на два сондажни разрези следва геоложката практика в частта си на сравняване на два по два (по един от всеки сондаж) еднородни, в смисъла на многомерните средни на разглежданите показатели, отделени интервали. За целта предварително разграничените на " k_1 " и " k_2 " разнородни съвкупности два сондажни разрези, разглеждани като линейно подредени последователности от m -мерни наблюдения, се сравняват помежду си по начина за търсене на лъжлива граница чрез изчислените " k_1 " и " k_2 " на брой стойности на критерия V. Разрезите са несъпоставими, ако е изпълнено условието $\min V_{is} > \chi^2_{q,m}$. В противен случай двойката съвкупности (l-тата и s-тата) се обединяват, след което се извършват аналогични процедури чрез сравняване по общоприетите правила за обвързване на сондажни данни в различно ситуирани интервали.

Таблица 1. Еднородни участъци в продуктивния хоризонт на сондажите P-9 и P-14 от Селановското находище

№ на пробата, k	Дълбочина, m		Стойности на критерия V_k		Номер на еднородния участък	
	P-9	P-14	P-9	P-14	P-9	P-14
1	2971,00	2978,00	0,6	2,1	1	3
2	2972,00	2978,50	0,5	5,4		
3	2973,00	2979,15	0,8	9,6		
4	2974,00	2979,90	3,2	9,9		
5	2975,00	2980,35	6,8	10,8		
6	2976,00	2980,80	18,6	12,6		
7	2976,40	2981,40	19,1	12,4		
8	2976,60	2982,00	14,6	10,9		
9	2976,90	2982,50	11,3*	10,8		
10	2978,00	2983,20	8,9	12,6*	2	4
11	2979,00	2983,80	7,3	10,2		
12	2981,00	2984,70	6,6*	6,6		
13	2982,20	2985,30	1,8	7,9		
14	2983,50	2985,90	1,1	10,1		
15	2985,40	2986,20	1,5	9,2		
16	2998,00	2986,30	0,3	16,3		
17	2998,20	2986,70	0,0	9,8*		
18	2999,20	2987,00		5,4		
19		2987,40		6,3		
20		2987,70		5,9		
21		2988,00		10,1		
22		2988,30		9,5		
23		2988,70		2,4		
24		2989,00		0,0		

На примера на Селановското нефтено находище е разгледана шестмерна статистическа съвкупност от наблюдения на пукнатинната система. Използвани са данни за 6 показателя, характеризиращи продуктивния хоризонт от седем сондажни разрези и е направен опит да се отделят еднородни групи (съвкупности). Количествените данни на разгледаните основни показатели включват: групите отворени пукнатини, тяхната гъстота, пукнатинната вместимост, пукнатинната проницаемост, съдържанието на каверни и пори по дължината на отворените пукнатини и техният размер. Във всеки сондаж са потърсени еднородни геоложки групи, като данните са разгледани като линейно

подредени, разположени в дълбочина многомерни съвкупности (табл.1).

Програмно реализираният алгоритъм на Visual C++ позволява да се подбира различен набор от показатели, по които става отделянето на еднородни съвкупности в даден сондаж (изменя се броят на степените на свобода f и критичната стойност q). Това предлага възможност да се проследи изменението на геоложките граници в зависимост от използваните показатели, да се намери устойчивото им положение и минималният (оптималният) набор показатели, по които те могат да се идентифицират (табл.2).

Таблица 2. Отделяне на еднородни съвкупности в зависимост от броя на показателите

Сондаж, №	Брой данни	Показатели, бр.			Граница, № на пробата			Стойност на V_k		
		6	5	4	-	-	-	-	-	-
P-3	25	6	5	4	-	-	-	-	-	-
P-6	25	6	5	4	-	21	21	-	10,6	10,6
P-9	18	6	5	4	-	9	9	-	11,5	11,3
P-10	65	6	5	4	-	-	35	-	-	9,3
P-11	12	6	5	4	-	-	-	-	-	-
P-13	18	6	5	4	-	-	-	-	-	-
P-14	24	6	5	4	17	17	17	10,9	9,8	9,8

Установява се, че при използването на всичките показатели само в един от сондажите се получават две еднородни съвкупности (P-14). Изключването на пукнатинната вместимост води до появата на две еднородни съвкупности в три сондажа (P-6, P-9 и P-14), а с изключването и на пукнатинната проницаемост броят на сондажите с по две еднородни групи по комплексното изменение на средните стойности в тях става 4 (P-6, P-9, P-10 и P-14). В тези 4 сондажа не се появяват нови граници и местоположението на единствената граница е устойчиво при последвало изменение на останалите показатели и оставането само на един произволен от тях. В сондажите P-3, P-11 и P-13 не се отделят граници независимо от набора показатели. Това показва, че оптималният набор от показатели, характеризиращи пукнатинната система в Селановското находище като статистическа съвкупност от линейно подредени шестмерни наблюдения, може да се сведе до 4-мерна случайна величина, характеризираща я като нееднороден геоложки обект. На практика именно тези 4 показателя (групите отворени пукнатини, тяхната гъстота, съдържанието на каверни и пори по дължината на отворените пукнатини и техният размер) имат самостоятелно фактологично значение. Останалите два показателя (пукнатинната вместимост и пукнатинната проницаемост) са производни чрез част от тях и е логично те да бъдат изключени.

Корелация между отделените еднородни групи в сондажните разрези не се получава, независимо от направлението на търсенето ѝ в изследваната площ. Това се дължи от една страна на малкия брой отделени еднородни съвкупности ($n=1,2$) в различните сондажи. От друга страна, развитието на пукнатинната система е свързано главно с един основен геоложки фактор - тектонските движения в изследваната площ, поради което отсъствието на съпоставимост между отделените

еднородни интервали не е неочаквано. Очевидно по-целесъобразно е алгоритмът да се използва за разграничаване и корелиране на еднородни съвкупности по други петрофизични показатели, чрез които отчитаното влияние на различни геоложки фактори е по-информативно. В тези случаи може да се потърси сходство или различие между математичния и геоложкия модел.

Използваният материал за пукнатинната система в сондажите от Селановското находище не позволи да се апробират възможностите на програмния комплекс за определяне важността на намерените граници между отделените еднородни съвкупности. Това предполага намирането на главни и второстепенни различия между тях, някои от които по преценка на интерпретатора може да се игнорират.

Проведеното изследване цели да покаже един възможен подход в обработката на сондажните данни, особено при отделяне на еднородни интервали по съвкупност от показатели (групи и гъстота на пукнатините, пукнатинна вместимост и проницаемост, съдържание и размер на пори по пукнатините), което е от съществено значение за тяхното разчленяване. Важно място има и възможността за последователно сравняване на отделените еднородни интервали площно или в двойки разрези. Това показва, че подобно използване на сондажните данни може да улесни и подобри рутинната им геоложка обработка и интерпретация. Разбира се, тук имат място и такива въпроси, като избор на характеристични параметри и оценка на информативността им за намиране на признакови граници. Не без значение е и разпознаването на главните и второстепенните граници и отстраняването на второстепенните.

ЛИТЕРАТУРА

Родионов, Д. А. 1981. *Статистические решения в геологии*. М., Недра.

Минеев, Д. А. (ред.). 1973. *Статистические методы при геохимических поисках месторождений*. М., ИМГРЭ.

Препоръчана за публикуване от
катедра "Геология и проучване на полезни изкопаеми", ГПФ