

ПОВЪРХНОСТНО РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ НА ВЗАИМОДЕЙСТВУВАЩИТЕ И НОРМАЛНИТЕ ГАЛАКТИКИ ОКОЛО СЕВЕРНИЯ ГАЛАКТИЧЕСКИ ПОЛЮС

Марин Калинков и Недка Спасова

Интензивното изучаване на взаимодействащите системи от галактики особено от Цвики [1]—[3] и Воронцов-Веляминов [4], [5], [6] и др. води до натрупването на твърде обширен наблюдателен материал. Особено ценни са създадените от Воронцов-Веляминов каталози [7], а също и [8]—[11]. Взаимодействащите системи, образуващи клас от метагалактическото население, в последно време са обект и на някои статистически изследвания — например [12] и [13]. За съжаление някои от откритите закономерности позволяват двойко тълкуване, което очевидно е резултат на изучаване на нерепрезентативни извадки. Например в [12] за купа Coma, определен като квадрат с размери $2^\circ \times 2^\circ$, относителната пространствена плътност на взаимодействащите системи е $\delta=0,0$ докато в [13] за същия куп централната относителна пространствена плътност (в област с $r \leq 0.5$) е $\delta=0,09 \pm 0,02$.

В настоящата работа е направен опит за статистическото изучаване на една сравнително хомогенна извадка, съдържаща както взаимодействащи системи от галактики, така и нормални галактики (за удобство всички галактики, които не са взаимодействащи и не са включени във взаимодействащи системи, ще наричаме нормални). Нашите цели са следните:

1. Да се провери хипотезата случайно ли е повърхностното разпределение на нормалните галактики в област около северния галактически полюс за $m \leq 15^m, 7$. Ако това разпределение е поасоново, то трябва да остава поасоново независимо от размерите на областите z_i от зоната Z , като $z_1 = z_2 = \dots = z_n$ и $z_1 + z_2 + \dots + z_n = Z$. Многократните проверки на Цвики за слаби галактики, проведени върху различни наблюдателни данни, показват недвусмислено, че повърхностното разпределение на галактиките не е случайно. Аналогично изследване е приведено и в [14].

2. Да се подложи на проверка твърдението, че съществува сегрегация на галактиките по видими звездни величини. Сегрегация съществува, но само при някои купове от галактики (вж. например [15]—[16]).

3. Обикновено се приема, че не съществува видим ефект на сгрупирване на взаимодействащите системи. Числеността на нашата извадка позволява качествената проверка на тази хипотеза.

4. Да се установи количествено възможността за поне видимо сближение на взаимодействащите системи с някои нормални галактики — сегрегация на взаимодействащите галактики към нормалните галактики. Воронцов-Веляминов [17] предполага, че подобен ефект не съществува. Аналогичен ефект се разглежда при радиоизточниците и пекулярните галактики на Арп [18] — [22], но с помощта на други методи.

НАБЛЮДАТЕЛЕН МАТЕРИАЛ

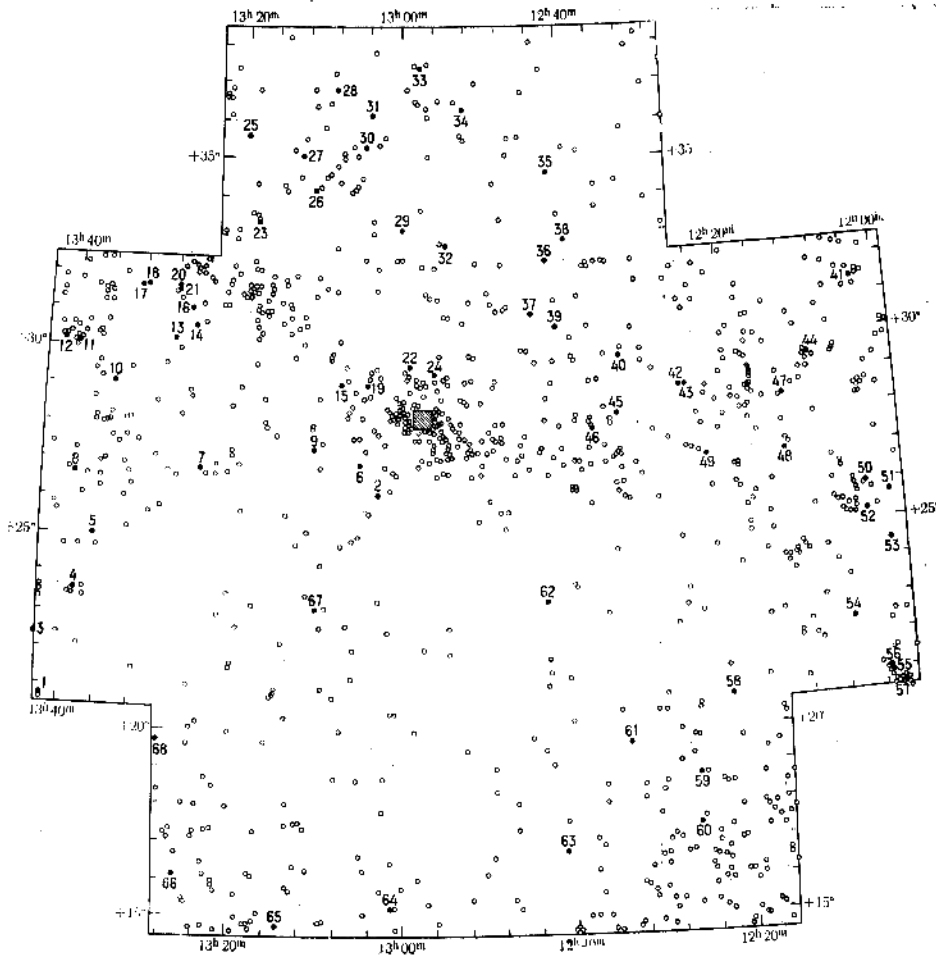
Изследвани са 13 полета от каталога на Цвики [23], [24]. Данните за съдържащите се в тях взаимодействащи системи са взети от [9] и [6]. Общият вид на изследваната област е представен на фиг. 1 — синтетична карта на 13-те полета, съдържаща всички галактики до $m=15^m,7$ и 68 взаимодействащи системи, номерирани по l^I . Нашата извадка, включваща 1073 галактики (45 от които се дублират в съседните по каталозите [23] и [24] полета) е репрезентативна както по броя на обектите, съдържащи се в нея, така и по отношение на заетата площ — около 450 квадратни градуса. При това галактическото поглъщане в изследваната област е напълно пренебрежимо.

Всички важни данни за изследваните полета се съдържат в табл. 1 — поле по Цвики, карта от Паломарския атлас, поле по Воронцов-Веляминов, ректасцензия и деклинация на центровете на полетата [25], галактически координати [26]. С N_1 , N_2 и N_3 е означен броят на регистрираните галактики по [23]—[24], [9] и на взаимодействащите системи, респективно във всяко поле, а \bar{N} е средното население на куповете от галактики.

Данните за взаимодействащите системи в разглежданата област, получени след внимателно сравнение на всички съществуващи материали

Таблица 1

по Цвики	№ на полето		α_{1950}	δ_{1950}	l^I	b^I	N_1	N_2	N_3	\bar{N}
	Паломарски атлас	по Воронцов-Веляминов								
99	1576	3—32	12h28m47s	+17°28'30"	276°,78	79°,03	112	87	3	141,8
100	1572	3—33	12 52 43	17 29 00	308,13	80,05	30	32	2	101,2
101	80	3—34	13 16 39	17 29 53	337,22	78,22	61	44	3	135,9
128	135	4—29	12 12 50	23 28 17	236,70	80,94	91	71	9	137,9
129	1435	4—30	12 38 43	23 28 39	271,82	85,44	29	23	1	158,0
130	1581	4—31	13 04 37	23 29 24	345,90	84,74	30	23	2	201,1
131	125	4—32	13 30 31	23 30 25	12,75	79,86	36	38	4	170,3
158	1398	5—29	12 12 48	29 28 18	196,28	81,78	116	89	6	191,4
159	64	5—30	12 38 40	29 28 42	169,93	86,92	119	124	7	243,2
160	1393	5—31	13 04 33	29 29 25	65,36	85,99	209	177	6	170,4
161	131	5—32	13 30 25	29 30 33	48,48	80,66	141	80	12	139,6
188	105	6—28	12 40 37	35 28 41	134,35	81,73	32	44	4	112,8
189	110	6—29	13 08 26	+35 29 27	97,11	80,91	67	85	9	112,5



Фиг. 1. Карта на галактиките до $m=15^m,7$ от полетата (табл. 1), съдържаща взаимодействащите системи по табл. 2

за тези галактики и непосредствена проверка върху Паломарския атлас са приведени в табл. 2. Във всички случаи, когато идентификацията на каталогизираните галактики от Цвики е безспорна, дадена е неговата звездна величина, а в останалите 14 случая тя е взета от [9]. Звездните величини, оценени от Воронцов-Веляминов, имат съществена грешка [9]. В табл. 2 е дадена и кратността на системите, както и идентификации по [9] и NGC или IC.

Таблица 2

№	l''	b''	Поле по Цанки	mZw или $mB-V$	Кратность	№ по Воронцов- Вельяминов	NGC или IC*	Куп
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	6°,74	76°,16	131	15 ^m ,0	гнездо; 5?	4—32—34		1342,1+2033
2	12,74	86,67	130	15,0	1?	4—31—5		1257,1+2806
3	13,67	76,66	131	15,2	1	4—32—37		1343,3+2245
4	16,79	78,11	131	15,1	2	4—32—25	910*	1338,4+2420
5	23,21	78,98	131	14,8	гнездо; 8?	4—32—18		1338,4+2420
6	27,18	86,42	160	15,5	2	5—31—135		
7	31,08	82,06	161	15,1	2	5—32—20		1324,6+2602
8	32,00	78,72	161	{15,3} {15,3}	2	5—32—63; 4		1341,6+2614
9	34,45	85,18	160	15,7	2?3?	5—31—154		
10	45,00	79,67	161	15,6	1?	5—32—45		1334,0+2936
11	49,49	78,49	161	15,4	4?	5—32—67	5275	1339,9+3030
12	{49,53 49,37}	{78,04 78,05}	161	{15,6} {15,7}	3?4?	5—32—77;78		1339,9+3030
13	53,89	80,95	161	15,1	1?2?	5—32—32		
14	57,17	81,36	161	15,4	2	5—32—23		1319,6+3135
15	57,62	85,57	160	14,0	2; 3?	5—31—144	5000	1257,1+2806
16	59,72	81,10	161	15,5	2	5—32—28		1319,6+3135
17	59,74	79,60	161	15,1	2	5—32—39		
18	60,15	79,71	161	15,5	2	5—32—38		1332,1+3148
19	60,72	86,24	160	15,0	1?2?	5—31—133		1257,1+2806
20	61,11	80,49	161	14,6	2?	5—32—34;35		1328,5+3205
21	61,53	80,53	161	14,9	2?3?	5—32—31		1328,5+3205
22	78,13	86,87	160	14,2	2	5—31—99	4922	1257,1+2806
23	78,52	81,39	189	15,1	гнездо; 4	6—29—76		1318,5+3316
24	85,30	87,47	160	15,0	2	5—31—45		1257,1+2806
25	86,46	79,51	189	15,5	1?	6—29—82		
26	90,01	81,69	189	15,0	1?3?	6—29—63		1308,2+3531
27	91,47	80,78	189	14,9	гнездо	6—29—65		1308,2+3531
28	100,94	79,68	189	14,7	гнездо?4?	6—29—51	5002	1308,2+3531
29	101,18	83,78	189	15,5	2	6—29—18;18 _a		
30	101,52	81,38	189	14,7	2	6—29—35;36		1308,2+3531
31	104,91	80,60	189	15,ВВ	1?	6—29—30	4178*	1308,2+3531
32	110,48	84,53	188	15,1	2	6—28—44		
33	113,21	79,78	189	15,6	2	6—29—8;9	4893; 4013*	1255,9+3729
34	119,64	81,02	188	17,ВВ	2	6—28—39	3862*	1252,0+3617
35	134,20	82,55	188	15:ВВ	гнездо	6—28—24		
36	140,20	84,68	159	10,6	2	5—30—66	4656—7	1241,3+3244
37	140,42	86,21	159	14,1	2	5—30—76;77	819*; 820*	1245,1+3030
38	{143,10 143,04}	{84,17 84,20}	188	{13,3} {9,8}	1?2?	6—28—19,20	4627; 4631	
39	152,08	86,24	159	15,5	2?3?	5—30—63		
40	178,09	85,72	159	14,9	2?	5—30—25		1217,5+2915
41	188,76	79,27	158	15,1	2	5—29—10;11		1217,5+2915
42	194,56	84,69	159	15,5ВВ	2?	5—30—1		
43	195,60	84,54	158	16,ВВ	2?	5—29—88		1217,5+2915
44	{197,11 197,37}	{81,12 81,10}	158	{13,7} {14,2}	2	5—29—33;36	4173; 4175	1217,5+2915
45	198,53	86,43	159	10,7	4	5—30—30	4559	1217,5+2915
46	199,88	87,23	159	18,ВВ	2	5—30—49		
47	203,37	81,98	158	14,4	2	5—29—42;3	4211?	1217,5+2915
48	214,34	82,07	158	14,6	2?3?	5—29—45		1217,5+2915
9	215,61	84,16	158	15,4	1?2?	5—29—81	3308*	1227,5+2915

1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	218°,18	79°,80	128	15 ^m ,7	2	4-29-26		1205,4+2515
51	219°,25	79°,20	128	14°,9	гнездо?	4-29-5		1205,4+2515
52	222°,36	79°,74	128	15°,7}	2	4-29-28;29		1205,4+2515
53	226°,01	78°,95	128	15°,7}	1?	4-29-10		1205,4+2515
54	238°,40	79°,21	128	15°,7}	2	4-29-39;40		1204,7+2246
55	242°,68	77°,75	128	14°,5	1	4-29-23	4098	1202,0+2028
56	242°,80	77°,76	128	18 BB	2	4-29-24		1202,0+2028
57	242°,91	77°,14	128	14°,0;14,4	2	4-29-6;7	4061;4065	1202,0+2028
58	259°,19	80°,70	128	15 BB	3	4-29-69		1220,9+2028
59	269°,11	79°,82	99	17: BB	2	3-32-45		1225,6+1905
60	273°,86	78°,61	99	11°,2	1?	3-32-48	4450	1226,9+1735
61	277°,84	81°,43	99	12°,7	3?	3-32-76	4561	1226,9+1735
62	283°,40	85°,66	129	14°,4	2	4-30-19	813*	
63	293°,18	79°,11	100	11°,3	1	3-33-1	4651	
64	316°,98	77°,42	100	15°,3	3	3-33-26		
65	329°,11	75°,98	101	15°,5	2	3-34-12;13		
66	342°,06	75°,81	101	15°,7	5	3-34-39		1329,2+1621
67	352°,19	83°,55	130	14°,8	1?	4-31-14		1309,3+2255
68	354°,79	78°,10	101	14°,0	1?	3-34-44		

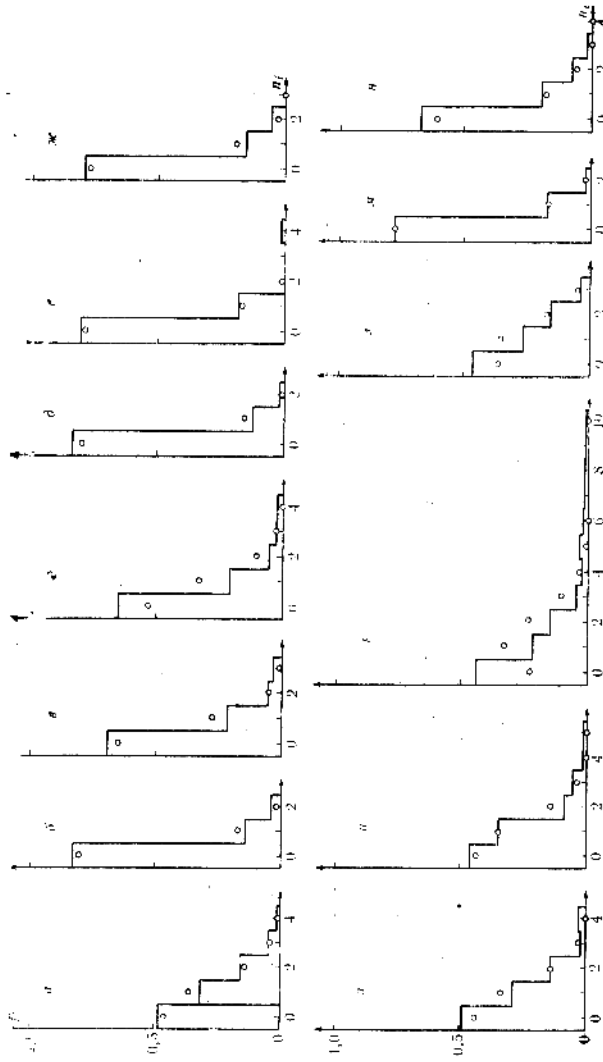
ПОВЪРХНОСТНО РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ НА ГАЛАКТИКИТЕ С $m \leq 15^m,7$

1. Нека разделим всяко поле на квадратчета $0^\circ,5 \times 0^\circ,5$. Така $z_i = 0,25$ квадратни градуса, $Z = 36$ квадратни градуса и броят на квадратчетата за всяка карта (поле) ще бъде 144. Разпределението на броя на галактиките n_i по квадратчета е представено в табл. 3. В края на таблицата е даден резултатът за всички полета за галактики с $m \leq 15^m,7$. В таблицата не е даден броят на квадратчетата, несъдържащи галактики, тъй като те се получават непосредствено от наблюдаваните разпределения.

Нормираните наблюдавани разпределения (хистограми) за отделните полета са представени на фиг. 2, а сумарното разпределение на фиг. 3.

Таблица 3

Галактики в $z_i = 0,25$ кв. град.	Брой на n_i в полета по Цевки №												
	99	100	101	128	129	130	131	158	159	160	161	188	189
1	46	20	31	36	16	26	28	47	48	32	43	26	39
2	22	5	7	7	2	0	4	22	16	22	20	3	10
3	6		4	3	0	0		2	8	7	5		1
4	1		1	4	1	1		2	0	4	3		1
5				0	1			1	3	5	2		
6				0				1		3	0		
7				0						2	3		
8				2						2			
10										1			
13										1			
Всичко галактики	112	30	61	91	29	30	36	116	119	209	141	32	66



Фиг. 2. Разпределение на z_i при $z_i = 0,25$ квадратни градуа за отделните полета. Теоретичните честоти са означени с кръгчета и са пресметнати от разпределението на Пуасон за дадените параметър

а — за F.99, $\lambda = 0,75$; б — за F.100, $\lambda = 0,21$; в — за F.101, $\lambda = 0,42$; г — за F.128, $\lambda = 0,03$; д — за F.129, $\lambda = 0,20$; е — за F.130, $\lambda = 0,21$; ж — за F.131, $\lambda = 0,25$; з — за F.158, $\lambda = 0,80$; з' — за F.158, $\lambda = 0,83$; з'' — за F.160, $\lambda = 1,45$; з''' — за F.161, $\lambda = 0,88$; з'''' — за F.188, $\lambda = 0,22$; и — за F.189, $\lambda = 0,46$.

В нашата статистика заприхованата област в каталога на Цвики, отнасяща се за централната област от купа Сота, е изключена.

Ако разпределението на галактиките по дадените z_i е случайно, наблюдаваните разпределения трябва да съответствуват на поасоновото разпределение

$$p(\lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^n}{n!}$$

с определен параметър λ , за $n=0, 1, 2, \dots$

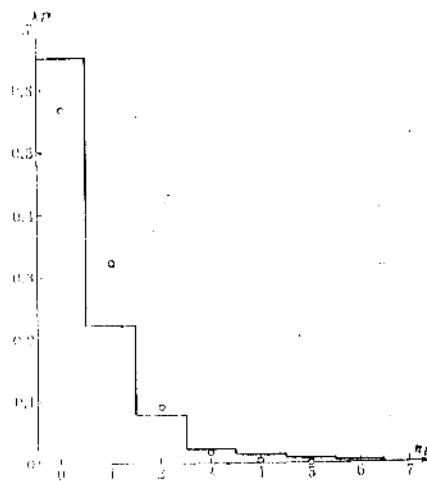
Наблюдаваните разпределения могат да бъдат сравнени с теоретичните при определени параметри с помощта на критерия χ^2 . Съгласно Гъмбел [27] критерият χ^2 може да се използва ефективно само при степени на свобода $\nu \geq 3$ и при елементи в интервалите $k \geq 5$, въпреки че според Варден [28] удовлетворителна оценка може да се получи и при $\nu=2$ и $k < 5$. За по-голяма ефективност ние използваме указанието на Гъмбел, което обаче твърде ограничава възможностите за проверка.

Да изберем ниво на значимост 0,0005, което за практически цели е твърде високо. За полетата 159, 160 и 161 се получават оценките $\chi^2=9,06, 87,93$ и $16,44$. За поле 160 при $\nu=6-2=4$ критичната таблична стойност е $\chi^2_c=20,00$, което означава, че различието между наблюдаваното и теоретичното разпределение е съществено, докато за другите полета различия не могат да бъдат констатирани. В това няма нищо удивително, тъй като това поле съдържа купа Сота и естествено разпределението на галактиките не може да бъде случайно. За останалите полета съответствието е добро (фиг. 2).

Следователно „дребномащабното“ разбиване на квадратчета с площ по 0,25 квадратни градуса показва, че разпределението на галактиките е случайно.

На фиг. 2 се вижда една важна особеност — като се изключи поле № 160, всички теоретични честоти при $n=0$ са по-малки от съответните наблюдавани честоти. При съвместно разглеждане на всички полета, като се запази разбиването, този ефект трябва да се усили (фиг. 3). В този случай $\chi^2=162,70$ при $\nu=5-2=3$, докато $\chi^2_c=17,7$. Следователно различието между наблюдаваното и теоретичното разпределение е съществено. (Различието би нараснало, ако се увеличат използваните клас-интервали, но при тях теоретичните честоти са пренебрежими, доколкото $\lambda=0,57$.)

Окончателният извод е: при области от небесната сфера с площи $S < 36$ квадратни градуса до $m=15^m$ купове от галактики могат да се изследват със значителна несигурност. Но при $S > 36$ квадратни градуса



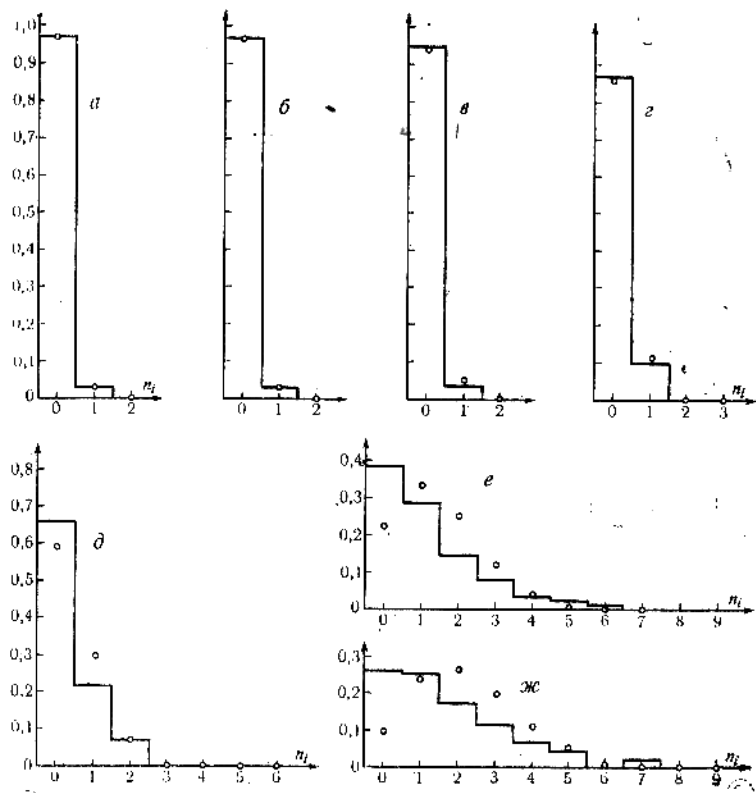
Фиг. 3. Разпределение на n_i при $z_i=0,25$ квадратни градуса за цялата изследвана област; $\lambda=0,57$

Таблица 4

Интервал зв. вел.	Галактики на 1 кв. град.	Брой на z_i в поле по Цвики №												
		99	100	101	128	129	130	131	158	159	160	161	188	189
$m \leq 11^m, 0$	1 2	4				3	1		1	2			1	1
Всичко галактики		4	0	0	0	3	1	0	1	2	0	0	1	2
$11^m, 1 \leq m \leq 12^m, 0$	1 2	6	2						4 1	1				
Всичко галактики		6	2	0	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0
$12^m, 1 \leq m \leq 13^m, 0$	1 2 3	6 2 1		1	1	1			4	3	1			3
Всичко галактики		13	0	1	1	1	0	0	4	3	1	0	0	3
$13^m, 1 \leq m \leq 14^m, 0$	1 2 3	9 2	4	1 1	1	3	1		10 1 1	5	6 3	3	4	2 1
Всичко галактики		13	4	3	1	3	1	0	15	5	12	3	4	4
$14^m, 1 \leq m \leq 15^m, 0$	1 2 3 4 5 6 7 8 9	11 2	7 1	8 2	7 4	4 1	6 1	5 2	7 5 2	12 2	12 6 4 1 1 1 1	9 2	8	8 3
Всичко галактики		15	9	12	28	6	8	9	25	32	58	23	8	14
$15^m, 1 \leq m \leq 15^m, 7$	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	9 8 6 2 1 1 1	9 2	16 4 3 1 1	19 3 2 1 2	8 4	11 1 1 1	15 3 2	10 7 6 1 1 1	32 14 10 1 3 3 2	6 7 2 3	7 4 8 2 3 1 1	13 3	7 6 4 3
Всичко галактики		63	15	45	61	16	20	27	65	76	44	115	19	43
Всички галактики по полета		114	30	61	91	29	30	36	116	119	115	141	32	66

съществуването на купове от галактики с размери $\approx 0,5$ повлиява видимото повърхностно разпределение на галактиките.

2. Нека разделим всяко поле на квадратчета по 1 квадратен градус — 36 квадратчета. При увеличаване на разделяните площи е възможна и по-



Фиг. 4. Разпределения на n_i при $z_i=1$ квадратен градус за цялата изследвана област по интервали звездни величини

а — за $m_p \leq 11,0$, $\lambda=0,03$; б — за $11,1 \leq m_p \leq 12,0$, $\lambda=0,03$; в — за $12,1 \leq m_p \leq 13,0$, $\lambda=0,06$; г — за $13,1 \leq m_p \leq 14,0$, $\lambda=0,15$; д — за $14,1 \leq m_p \leq 15,0$, $\lambda=0,52$; е — за $15,1 \leq m_p \leq 15,7$, $\lambda=1,50$; ж — за $m_p \leq 15,7$, $\lambda=2,29$

детайлна статистика — по дадени интервали от звездната величина. Наблюдаваните разпределения, отнесени за всички полета, са представени в табл. 4 (стойностите при $n=0$ също не са приведени, но лесно могат да бъдат получени). Нормираните теоретични разпределения заедно с наблюдаваните (също нормирани) са представени на фиг. 4.

Очевидно за $m \leq 11^m,0$, $11^m,1 \leq m \leq 12^m,0$, $12^m,1 \leq m \leq 13^m,0$ и $13^m,1 \leq m \leq 14^m,0$ разпределението на галактиките е случайно. За $14^m,1 \leq m \leq 15^m,0$ при $\nu=2$ $\chi^2=15,35$ и също имаме съответствие. Но за галактиките с $15^m,1 \leq m \leq 15^m,7$ $\chi^2=162,47$ при $\nu=6$ и вероятността, с която хипотезата

За съгласие може да бъде погрешно отхвърлена, е $p \ll 10^{-6}$. Още по-нищожна е вероятността за всички галактики с $m \leq 15^m,7$ — в този случай $\chi^2 = 219,42$ за $\nu = 7$, а $p \ll 10^{-11}$.

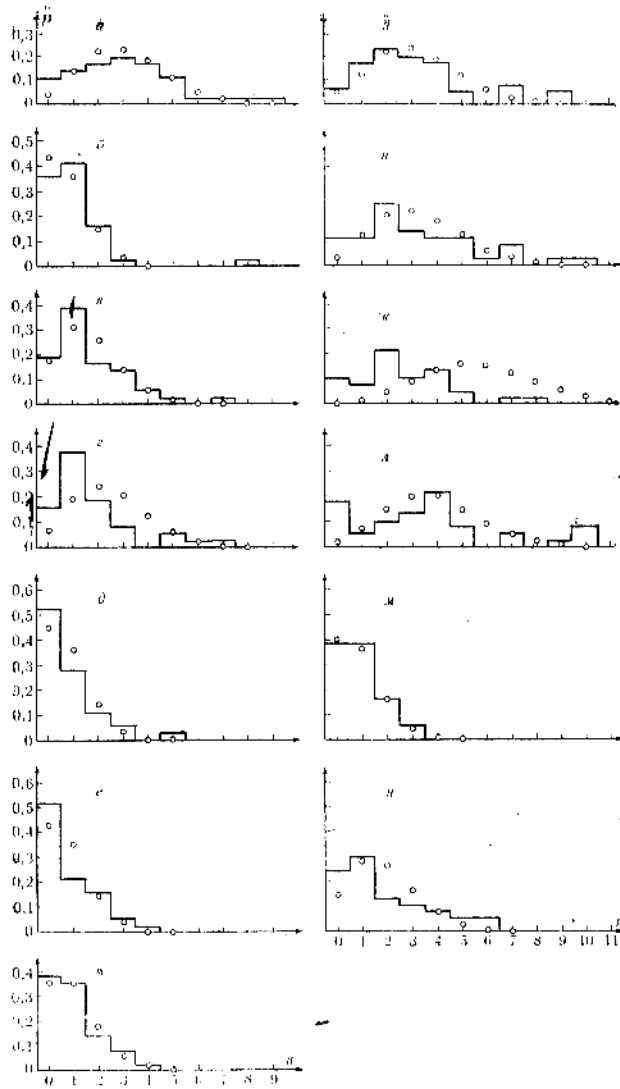
Нека разгледаме и разпределенията за $m \leq 15^m,7$, но за всяко поле (табл. 5). Съответните нормирани разпределения са дадени на фиг. 5. В противоречие с хипотезата за случайно разпределение на галактиките са полета № 160 и 161.

Таблица 5

Галактики в $z_i = 1$ кв. град.	Брой на z_i в поле по Цвики №												
	99	100	101	128	129	130	131	158	159	160	161	188	189
0	4	14	9	7	18	18	14	1	4	4	7	14	9
1	4	15	14	13	13	10	13	8	4	3	1	14	11
2	7	6	4	6	1	5	5	8	7	8	5	6	5
3	7	1	3	4	3	2	3	6	7	4	4	6	5
4	5		3			1	1	5	5	5	7	2	2
5	5		1	2	1			3	3	2	2	2	2
6	1		1	1				1	2	0	1	2	2
7	1		1	1				2	2	1	2		2
8	1									1			
9								1	1	0	2		
10								1	1	0	2		
11										1			
12				1						1			
13										1			
14										1			
15										0			
16										2			
17											1		
18													
19				1									
23										1			
28										1			
Всичко галактики	114	30	61	91	29	30	36	116	119	209	141	32	66

Окончателният извод е: не съществуват дефинируеми (от наблюдателна гледна точка) купове от галактики с преобладаващо население от галактики с $m \leq 15^m,0$. Купове от галактики с приблизителни видими размери около 1° трудно могат да бъдат регистрирани върху зони, по-малки от 36 квадратни градуса. Следователно за детайлно изследване на купове от галактики трябва да се предприеме изучаване на значителни по размери площадки.

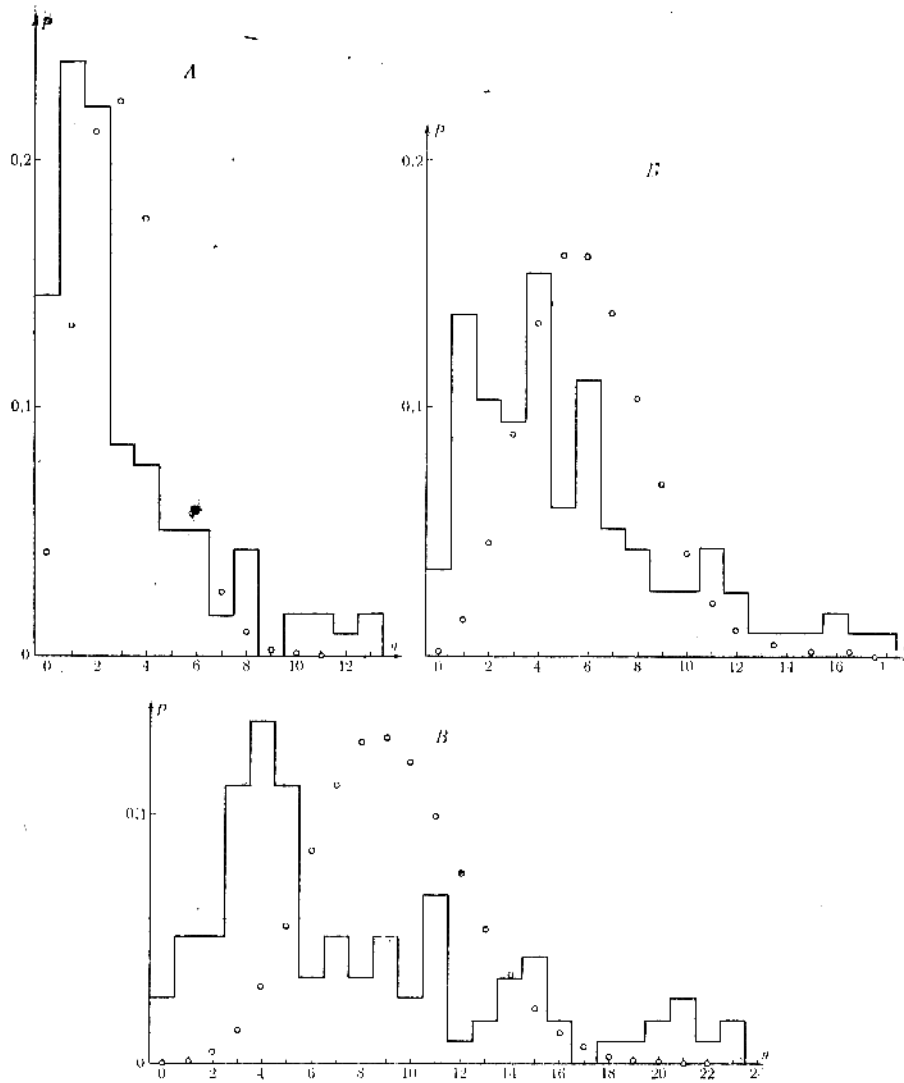
3. Да разделим всяко поле на квадратчетата от по 4 квадратни градуса. Разпределенията за отделните полета не ни интересуват и затова не са приведени. Да разгледаме съвместно всички полета за $m \leq 15^m,0$, $15^m,1 \leq m \leq 15^m,7$ и $m \leq 15^m,7$. Разпределенията — наблюдавани (нормирани) и теоретични — са представени на фиг. 6. Вероятността да се отхвърли погрешно хипотезата за съгласие е нищожна ($p \ll 10^{-11}$).



Фиг. 5. Разпределения на n_i при $z_i=1$ квадратен градус за отделните полета

а — за F.99, $\lambda=3,11$, $\chi^2=4,54$, $\nu=4$; б — за F.100, $\lambda=0,83$; в — за F.101, $\lambda=1,69$, $\chi^2=2,17$, $\nu=3$; г — за F.126, $\lambda=2,53$; д — за F.129, $\lambda=0,80$; е — за F.130, $\lambda=0,83$; ж — за F.131, $\lambda=1,00$; з — за F.158, $\lambda=3,22$, $\chi^2=0,91$, $\nu=3$; и — за F.159, $\lambda=3,30$, $\chi^2=4,04$, $\nu=3$; к — за F.160, $\lambda=5,80$, $\chi^2=120,76$, $\nu=3$; л — за F.161, $\lambda=3,92$, $\chi^2=57,28$, $\nu=3$; м — за F.188, $\lambda=0,89$; н — за F.189, $\lambda=1,86$, $\chi^2=6,97$, $\nu=3$

Окончателният извод е: почти всички галактики с $m \leq 15^m,7$ са включени в купове, тъй като не съществува друга причина (или евентуална причина би могло да бъде галактическото поглъщане!), която да повлияе на случайното разпределение на галактиките.

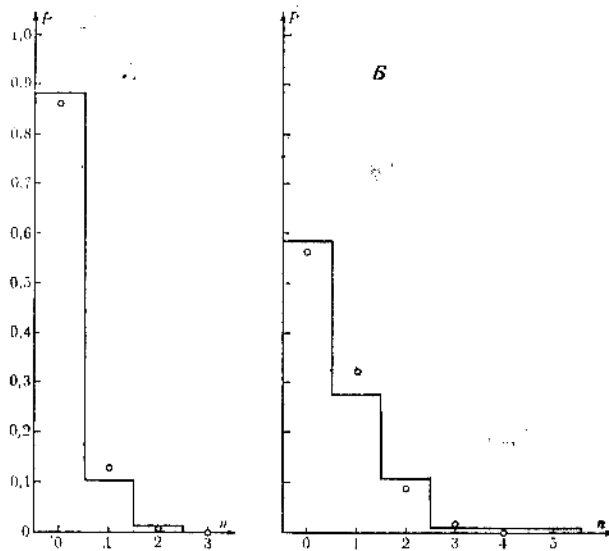


Фиг. 6. Разпределения на n_i при $z_i=4$ квадратни градуса за цялата
 изследвана област
 А — за $m \leq 15^m, 0$ ($i=3, 17$); Б — за $15, 1 \leq m \leq 15, 7$ ($i=6, 00$); В — за $m \leq 15^m, 7$ ($i=9, 17$)

4. В рамките на разглежданата статистическа извадка може да се направи още едно разделяне на цялата площ — на квадратчета от по 9 квадратни градуса. Резултатите от него не се дават, но те са аналогични на тези от т. 3.

ПОВЪРХНОСТНО РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ НА ВЗАИМОДЕЙСТВУВАЩИТЕ ГАЛАКТИКИ

Броят на взаимодействащите галактики (системи) е твърде малък, за да се използва критерият χ^2 . Все пак фиг. 7, съдържаща теоретичните и наблюдаваните разпределения при разделяне на площи от по 1 и 4



Фиг. 7. Разпределение на n_i -взаимодействащите системи на цялата изследвана област
А — при $Z_i=1$ квадратен градус ($\lambda=0,14$); Б — при $Z_i=4$ квадратни градуса ($\lambda=0,57$)

квадратни градуса, недвусмислено показва, че между тях има съответствие. Следователно разпределението на взаимодействащите системи от галактики е случайно.

СЕГРЕГАЦИЯ НА НОРМАЛНИТЕ ГАЛАКТИКИ

Съществува ли някаква статистическа връзка между видимите положения на галактиките от различни звездни величини? Отговорът на този въпрос е толкова по-важен, колкото по-ярки са галактиките, тъй като при слаби галактики флукуациите трябва да бъдат значителни. Съставената синтетична карта (фиг. 1) позволява поне отчасти този въпрос да бъде разгледан в рамките на извадката. Ние ще използваме метода на медианите.

Нека $f(r; m_1)$ е разпределението на най-малките ъглови отстояния между всички възможни двойки галактики от един и същ интервал по звездна величина, а $f(r; m_2)$ е съответното разпределение между галактиките от два различни интервала. Тогава, ако съществува пространствена връзка между галактиките, принадлежащи към двата интервала, отношението между медианите на двете разпределения трябва да бъде

Таблица 6

Δm	ν
$\leq 11^m, 0$	1°,75
$11^m, 1-12^m, 0$	1°,50
$\leq 11^m, 0$	1°,75
$11^m, 1-12^m, 0$	1°,75
$12^m, 1-13^m, 0$	0°,65 ^{-0,20} +0,85
$11^m, 1-12^m, 0$	1°,37
$12^m, 1-13^m, 0$	1°,37
$13^m, 1-14^m, 0$	1°,20 ^{-0,45} +0,30
$12^m, 1-13^m, 0$	0°,70 ^{-0,40} +0,95
$13^m, 1-14^m, 0$	0°,70 ^{-0,40} +0,95
$14^m, 1-15^m, 0$	0°,50 ^{-0,08} +0,07
$13^m, 1-14^m, 0$	0°,48 ^{-0,18} +0,24
$14^m, 1-15^m, 0$	0°,48 ^{-0,18} +0,24
$15^m, 1-15^m, 17$	0°,26 ^{-0,02} +0,02

Таблица 7

Δm	ν
Взаимодействащи системи	1°,09 ^{-0,37} +0,34
$\leq 11^m, 0$	4°,41 ^{-0,83} +1,06
$11^m, 1-12^m, 0$	7°,75 ^{-3,37} +2,51
$12^m, 1-13^m, 0$	2°,80 ^{-0,69} +0,90
$13^m, 1-14^m, 0$	1°,41 ^{-0,32} +0,40
$14^m, 1-15^m, 0$	0°,72 ^{-0,19} +0,15
$15^m, 1-15^m, 7$	0°,30 ^{-0,07} +0,15

$$\frac{\nu(r; m_1; m_1)}{\nu(r; m_1; m_2)} > 1.$$

При отсъствие на пространствена връзка това отношение трябва да бъде по-малко от единица.

Да предположим, че двете функции на разпределение $f(r; m_1)$ и $f(r; m_2)$ са непрекъснати, което в нашия случай е очевидно. Нека освен това $f(r) > 0$ за $a < r < b$, като $a=0$ и $b=R$, където R е диаметърът на разглежданата област. Имаме

$$\int_a^b f(r) dr = 1$$

и освен това $f(r) = 0$ за $r < a$ и $r > b$.

По определение медианата на генералната съвкупност се определя от

$$\int_a^{\nu} f(r) dr = \int_{\nu}^b f(r) dr = \frac{1}{2}.$$

Горните условия позволяват да се определят доверителните граници за медианата на генералната съвкупност, ако разпределението е неизвестно.

Вероятността k -тата порядкова характеристика да бъде по-голяма от $r_{(k)}$ е

$$P\{r_{(k)} > \nu\} = I_{0,5}(n-k+1, k),$$

където $I(n-k+1, k)$ е непълна бета-функция. Аналогично имаме

$$P\{r_{(n-k+1)} < \nu\} = I_{0,5}(n-k+1, k).$$

Данните за медианите при нормалните галактики за различни интервали са представени в табл. 6 заедно с доверителните интервали при $n > 20$, пресметнати по горните формули при $P > 0,99$.

Изводът е, че значима асоциативност съществува само при галактиките със звездна величина $12^m, 1-13^m, 0$ и $13^m, 1-14^m, 0$. Във всички други случаи липсва сегрегация по отношение на видимия блясък.

СЕГРЕГАЦИЯ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВУВАЩИТЕ ГАЛАКТИКИ

Изложеният по-горе метод на медианите лесно може да бъде приложен за взаимодействащите системи (табл. 7). Вероятността медианите да бъдат разположени във от указаните интервали е под 0,0050.

Както се вижда, не съществува никаква сегрегация при взаимодействуващите системи от галактики с вероятност $P > 0,99$.

Един от най-важните изводи на настоящата работа е, че повърхностното разпределение както на нормалните галактики, така и на взаимодействуващите системи в областта около северния галактически полюс е случайно, т. е. те формират поасоново поле, което позволява прилагането на по-мошен математически апарат за изследване.

Авторите изразяват своята искрена признателност на др. Ж. Костова от Секцията по астрономия при БАН за неocenимата ѝ помощ при изпълнението на настоящата работа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zwicky, F. *Ergebn. exakt. Naturw.*, **29** (1955), 344.
2. Zwicky, F. *Morphological Astronomy*. Springer-Verlag, 1957.
3. Zwicky, F. *Hand. Physik*. Springer-Verlag, 1959.
4. Воронцов-Вельяминов, Б. А. *АЖ*, **33** (1956), 14.
5. Воронцов-Вельяминов, Б. А. *АЖ*, **41** (1964), 814.
6. Воронцов-Вельяминов, Б. А. *АЖ*, **37** (1960), 381.
7. Воронцов-Вельяминов, Б. А. *Атлас взаимодействующих галактик*. М., 1959.
8. Воронцов-Вельяминов, Б. А., А. А. Красногорская. *Морфологический каталог галактик*. I. М., 1962.
9. Воронцов-Вельяминов, Б. А., В. П. Архипова. *Морфологический каталог галактик*. II. М., 1964.
10. Воронцов-Вельяминов, Б. А., В. П. Архипова. *Морфологический каталог галактик*. III. М., 1963.
11. Воронцов-Вельяминов, Б. А., В. П. Архипова. *Морфологический каталог галактик*. IV. М., 1968.
12. Засов, А. В. *Астрофизика*, **4** (1968), 427.
13. Караченцев, И. Д., В. Ю. Терембиж. *Астрофизика*, **4** (1968), 443.
14. Kalinkov, M. and B. Veleva. *Bull. Astron. Section*, **3** (1969), Sofia. 87.
15. Kwasz, T. *Acta Astron.*, **16** (1966), 45.
16. Рудницкий, К. *АЖ*, **44** (1967), 77.
17. Воронцов-Вельяминов, Б. А. *Тр. сов. по вопросам космогонии*, **19** (1958).
18. *Agr. H. Science*, **151** (1966), 1214.
19. Lynden-Bell, D., R. D. Canon et al. *Nature*, **211** (1966), 838.
20. Holden, D. J. *Observatory*, **86** (1966), 229.
21. Wagoner, R. V. *Nature*, **214** (1967), 766.
22. Laan, H. van der, F. N. Bash. *Ap. J.*, **152** (1968), 621.
23. Zwicky, F., E. Herzog. *Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies*. II. California Institute of Technology, 1963.
24. Zwicky, F., E. Herzog. *Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies*. III. California Institute of Technology, 1966.
25. National Geographic Society and Palomar Observatory. *Sky Survey. Catalogue of Plates*, 1960.
26. Rubin, V. C., M. F. S. F. Mc Carthy. *Ap. J. Suppl. Ser.*, **8** (1963), 213.
27. Gumbel, E. J. *Ann. Math. Statistics*, **14** (1943), 253.
28. Варден, Б. Л. ван дер. *Математическая статистика*. Пер. с немецкого. М., 1960.

Постъпила на 16 декември 1969 г.

ПОВЕРХНОСТНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ И НОРМАЛЬНЫХ ГАЛАКТИК ВОКРУГ СЕВЕРНОГО ГАЛАКТИЧЕСКОГО ПОЛЮСА

М. Калинин и Н. Спасова

(Резюме)

Проведено исследование видимого поверхностного распределения нормальных галактик (по каталогам Цвики для $m \leq 15^m,7$) и взаимодействующих по Воронцову-Вельяминову систем в 13 полях по Паломарскому атласу. Наблюдаемые распределения сравнены с теоретическими для проверки гипотезы случайности. Распределение взаимодействующих галактик случайное. Установлена значимая ассоциативность нормальных галактик в интервале $12^m,1 - 13^m,0$ и $13^m,1 - 14^m,0$. Сегрегации при взаимодействующих систем галактик с вероятностью $P > 0,99$ не существует.

Поверхностное распределение нормальных галактик и взаимодействующих систем в области около северного галактического полюса случайное — они формируют поле Пуассона.

SURFACE DISTRIBUTION OF THE INTERACTING AND NORMAL GALAXIES AROUND THE NORTH GALACTIC POLE

M. Kalinkov and N. Spassova

(Summary)

The apparent surface distribution of the normal galaxies (according to catalogues of Zwicky for $m \leq 15^m,7$) and the interacting Vorontsov — Velyaminov systems in 13 fields on the Palomar Observatory Sky Survey have been studied. The distributions observed have been compared with the theoretical ones in order to check the hypothesis for randomness. The distribution of the interacting galaxies is a random one. A significant association in the case of normal galaxies in the $12^m,1$ to $13^m,0$ and $13^m,1$ to $14^m,0$ intervals has been established. There is no segregation effect in the case of the interacting system of galaxies with a probability $P > 0.99$.

The surface distribution of the normal galaxies and the interacting systems in the area around the north galactic pole is a random one — the galaxies form a Poisson field.