

## تسک نوترکیبی و LD (۳۲۵ نمره)

در آزمایشی به بررسی دو ژن روی کروموزوم ۲۱ انسان‌ها پرداختیم. این دو ژن را اصطلاحاً A و B نام‌گذاری می‌کنیم. هر کدام از این جایگاه‌ها دو آلل دارند که با  $A_1, A_2$  و  $B_1, B_2$  نشان می‌دهیم. این دو جایگاه بر روی یک کروموزوم یکی از چهار ترکیب زیر را دارند. به این ترکیب‌های هاپلوتایپ گفته می‌شود.

$$A_1B_1 \quad A_1B_2 \quad A_2B_1 \quad A_2B_2$$

فراوانی هر کدام از این هاپلوتایپ‌ها به صورت زیر است.

$$gA_1B_1 \quad gA_1B_2 \quad gA_2B_1 \quad gA_2B_2$$

از ترکیب این چهار هاپلوتایپ ده ژنوتیپ پدید می‌آید. این ژنوتیپ‌ها برابر خواهند بود با:

$$A_1B_1 / A_1B_1 \quad A_1B_2 / A_1B_2 \quad A_2B_1 / A_2B_1 \quad A_2B_2 / A_2B_2 \quad A_1B_1 / A_1B_2$$

$$A_1B_1 / A_2B_1 \quad A_1B_1 / A_2B_2 \quad A_1B_2 / A_2B_1 \quad A_1B_2 / A_2B_2 \quad A_2B_1 / A_2B_2$$

با داشتن فراوانی هر هاپلوتایپ فراوانی هر کدام از ژنوتیپ‌های بالا را می‌توان از جدول زیر حساب کرد.

$A_1B_1 / A_1B_1$	$A_1B_2 / A_1B_2$	$A_2B_1 / A_2B_1$	$A_2B_2 / A_2B_2$	$A_1B_1 / A_1B_2$
$gA_1B_1 \times gA_1B_1$	$gA_1B_2 \times gA_1B_2$	$gA_2B_1 \times gA_2B_1$	$gA_2B_2 \times gA_2B_2$	$2 \times gA_1B_1 \times gA_1B_2$
$A_1B_1 / A_2B_1$	$A_1B_1 / A_2B_2$	$A_1B_2 / A_2B_1$	$A_1B_2 / A_2B_2$	$A_2B_1 / A_2B_2$
$2 \times gA_1B_1 \times gA_2B_1$	$2 \times gA_1B_1 \times gA_2B_2$	$2 \times gA_1B_2 \times gA_2B_1$	$2 \times gA_1B_2 \times gA_2B_2$	$2 \times gA_2B_1 \times gA_2B_2$

فرد در ابتدا به تولید گامت می‌پردازد. گامت‌های همه افراد جمعیت به صورت فرضی وارد یک استخر گامتی می‌شوند. در این استخر گامت‌ها به صورت رندوم با هم جفت می‌شوند و حاصل این جفت شدن افراد جدید است. این افراد مجدداً گامت تولید می‌کنند و این چرخه تکرار می‌شود. این مدل فرض می‌کند که تعداد و شکل گامت همه‌ی افراد برابر است. در نتیجه با محاسبه فراوانی هر نوع گامت (هاپلوتایپ) در استخر گامتی، فراوانی افراد در نسل بعد به راحتی محاسبه می‌شود؛ برای این محاسبه کافی است از جدول بالا استفاده کنید. هنگامی که فرد گامت تولید می‌کند، ممکن است نوترکیبی رخ ندهد و ژنوتیپ گامت‌های آن مشابه ژنوتیپ کروموزوم‌های فرد باشد. در این صورت اگر فرد هتروزیگوس باشد، نصف گامت‌ها شبیه یک کروموزوم و نصف دیگر شبیه کروموزوم دیگر خواهند بود. اگر نوترکیبی در هنگام تولید گامت رخ دهد، گامت‌هایی فرد تولید می‌کند که با ژنوتیپ کروموزوم‌های آن متفاوت است. با در نظر داشتن این نکات و داشتن فراوان افراد در هر نسل، فراوانی هاپلوتایپ‌ها را در استخر گامتی می‌توان محاسبه کرد. نرخ نوترکیبی را در این جمعیت برابر با ۰.۱ فرض کنید.

**راهنمایی:** برای حل این تسک باید بخش یک و دو را با هم حل کنید. ابتدا فراوانی ژنوتیپ افراد را محاسبه کنید، سپس فراوانی گامت‌ها (هاپلوتایپ‌ها)ی موجود در استخر گامتی را محاسبه کنید و در نهایت فراوانی افراد در نسل بعد را حساب کنید. ابتدا سعی کنید فرمول‌های محاسبه فراوانی هر هاپلوتایپ بر اساس فراوانی ژنوتیپ افراد را بنویسید. سپس با جایگذاری فراوانی هاپلوتایپ‌ها را به دست آورید.

(۱) با توجه به اطلاعات داده شده، فراوانی هر کروموزوم را برای نه نسل آینده محاسبه کنید. (هر خانه درست سه نمره مثبت)

نسל	$gA_1B_1$	$gA_1B_2$	$gA_2B_1$	$gA_2B_2$
1	0.2000000	0.3000000	0.4000000	0.1000000
2	0.2100000	0.2900000	0.3900000	0.1100000
3	0.2190000	0.2810000	0.3810000	0.1190000
4	0.2271000	0.2729000	0.3729000	0.1271000
5	0.2343900	0.2656100	0.3656100	0.1343900
6	0.2409510	0.2590490	0.3590490	0.1409510
7	0.2468559	0.2531441	0.3531441	0.1468559
8	0.2521703	0.2478297	0.3478297	0.1521703
9	0.2569533	0.2430467	0.3430467	0.1569533
10	0.2612580	0.2387420	0.3387420	0.1612580

(۲) با توجه به اطلاعات داده شده، فراوانی هر یک از ژنوتیپ‌ها را برای ده نسل آینده محاسبه کنید. ژنوتیپ بالا سمت چپ ژنوتیپ یک و ژنوتیپ پائین سمت چپ ژنوتیپ شش می‌باشد. (هر خانه درست دو نمره مثبت)

نسل	ژنوتیپ ۱	ژنوتیپ ۲	ژنوتیپ ۳	ژنوتیپ ۴	ژنوتیپ ۵	ژنوتیپ ۶	ژنوتیپ ۷	ژنوتیپ ۸	ژنوتیپ ۹	ژنوتیپ ۱۰
1	0.04000000	0.09000000	0.1600000	0.01000000	0.1200000	0.1600000	0.04000000	0.2400000	0.06000000	0.08000000
2	0.04410000	0.08410000	0.1521000	0.01210000	0.1218000	0.1638000	0.04620000	0.2262000	0.06380000	0.08580000
3	0.04796100	0.07896100	0.1451610	0.01416100	0.1230780	0.1668780	0.05212200	0.2141220	0.06687800	0.09067800
4	0.05157441	0.07447441	0.1390544	0.01615441	0.1239512	0.1693712	0.05772882	0.2035288	0.06937118	0.09479118
5	0.05493867	0.07054867	0.1336707	0.01806067	0.1245127	0.1713907	0.06299934	0.1942193	0.07139066	0.09826866
6	0.05805738	0.06710638	0.1289162	0.01986718	0.1248362	0.1730264	0.06792457	0.1860226	0.07302643	0.10121663
7	0.06093784	0.06408194	0.1247108	0.02156666	0.1249802	0.1743514	0.07250449	0.1787927	0.07435141	0.10372259
8	0.06358987	0.06141956	0.1209855	0.02315580	0.1249906	0.1754246	0.07674567	0.1724050	0.07542464	0.10585870
9	0.06602499	0.05907171	0.1176811	0.02463433	0.1249033	0.1762940	0.08065932	0.1667528	0.07629396	0.10768462
10	0.06825572	0.05699777	0.1147462	0.02600413	0.1247465	0.1769981	0.08425984	0.1617439	0.07699811	0.10924970

ضریب LD از طریق فرمول زیر به دست می‌آید:

$$LD = gA_1B_1gA_2B_2 - gA_1b_2ga_2B_1$$

(۳) این ضریب را در طی این ده نسل محاسبه کنید. (هر خانه یک و نیم نمره مثبت)

نسل	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
LD	-0.1	-0.09	-0.081	-0.0729	-0.06561	-0.059049	-0.05314	-0.047829	-0.043046	-0.038742

(۴) تغییرات LD در طی این ده نسل را در نمودار زیر رسم کنید. (دو نمره مثبت)

