

## **Дәріс 5. Ықтималдық және оның биологиядағы қолданылуы**

*Ықтималдық теориясының негіздері: кездейсоқ оқиғалар, жиіліктер, ықтималдық функциясы. Биологиялық мысалдар: мутацияның пайда болу ықтималдығы, тұқымның өну ықтималдығы, аурудың таралу жиілігі.*

Биология ғылымында тірі жүйелердің көпшілігі кездейсоқ құбылыстарға негізделген. Табиғатта болып жатқан процестердің басым бөлігі толық детерминирленген емес, яғни олардың нәтижесін абсолютті дәлдікпен болжау мүмкін емес. Тұқымның өнуі немесе өнбеуі, мутацияның пайда болуы, аурудың таралуы, даралардың тірі қалуы немесе жойылуы сияқты құбылыстардың барлығы белгілі бір ықтималдықпен жүреді. Сондықтан биологиялық зерттеулерде осындай процестердің заңдылықтарын түсіну және сандық түрде сипаттау үшін ықтималдық теориясы пайдаланылады. Бұл теория кездейсоқ оқиғаларды талдауға, олардың жиілігін есептеуге және табиғи құбылыстардың болу ықтималдығын бағалауға мүмкіндік береді.

Ықтималдық теориясы — биостатистиканың негізі және кез келген тәжірибелік биологиялық зерттеудің математикалық тірегі болып табылады. Ол биологтарға тек бақылау нәтижелерін сипаттап қана қоймай, сонымен бірге болашақта қандай нәтижелердің пайда болу мүмкіндігі жоғары екенін болжауға мүмкіндік береді. Осылайша, ықтималдық биологиядағы белгісіздік пен кездейсоқтықты түсінудің әмбебап тіліне айналды.

Ықтималдық ұғымы күнделікті өмірден де таныс. Біз жиі «бұл оқиға болуы мүмкін» немесе «мүмкін емес» деп айтамыз. Ғылыми тұрғыда ықтималдық 0 мен 1 аралығындағы сан арқылы өрнектеледі: 0 – мүлде болмайтын, ал 1 – міндетті түрде болатын оқиға. Мысалы, бір өсімдіктің тұқымы 80 пайыз жағдайда өніп, 20 пайыз жағдайда өнбейді делік. Мұны ықтималдық тілімен айтқанда, тұқымның өну ықтималдығы 0,8, ал өнбеу ықтималдығы 0,2 деп жазылады. Егер оқиға міндетті түрде жүзеге асса, мысалы, фотосинтез процесі жарық түскенде жүреді, онда оның ықтималдығы 1-ге тең болады.

Биологиядағы оқиғалардың көбі кездейсоқ сипатта болады. Кездейсоқ оқиға дегеніміз – белгілі бір шарттарда пайда болуы немесе болмауы мүмкін құбылыс. Мысалы, бір тұқымның өнуі немесе өнбеуі, белгілі бір геннің мутацияға ұшырауы, популяциядағы даралардың жыныстық қатынасының арақатынасы – осылардың барлығы кездейсоқ сипаттағы оқиғалар. Бұл құбылыстардың нәтижесі алдын ала белгісіз, бірақ олардың ықтималдығын есептеу арқылы біз олардың орташа тенденциясын болжай аламыз.

Мысалы, егер 100 тұқымның ішінде 90-ы өніп шықса, онда өну жиілігі немесе тәжірибелік ықтималдық  $90/100 = 0,9$ . Егер тәжірибе бірнеше рет қайталанса және әр жолы шамамен осындай нәтиже алынатын болса, онда бұл мән нақты ықтималдыққа жақындайды. Осы заңдылықты үлкен сандар заңы деп атайды: тәжірибелер саны артқан сайын жиілік шынайы ықтималдыққа жақындайды. Бұл принцип биологиялық зерттеулердің негізінде жатыр, себебі

бір немесе екі тәжірибеге емес, көптеген қайталанған өлшеулерге сүйенген нәтиже ғана ғылыми тұрғыда сенімді болады.

Кездейсоқ құбылыстардың нәтижесін сандық сипаттау үшін математикалық үлгілер мен ықтималдық функциялары қолданылады. Биологияда жиі кездесетін үлестірулердің үш негізгі түрі бар: биномдық үлестіру, Пуассон үлестіруі және қалыпты (нормальды) үлестіру.

Бірінші түрі — биномдық үлестіру, ол тек екі нәтижесі бар тәжірибелерде қолданылады: мысалы, тұқымның «өнді» немесе «өнбеді» жағдайы, жануардың «ауру» немесе «сау» болуы, немесе генетикалық белгінің «бар» немесе «жоқ» болуы. Мұндай жағдайлар Мендельдің тұқым қуалау заңдарында айқын көрінеді. Егер бір геннің екі аллелі (А және а) белгілі болса, онда ұрпақтардың белгілі бір генотипке ие болу ықтималдығы  $\frac{1}{4}$  (AA),  $\frac{1}{2}$  (Aa),  $\frac{1}{4}$  (aa) түрінде бөлінеді. Бұл да ықтималдық заңына негізделген.

Екінші түрі — Пуассон үлестіруі, ол сирек кездесетін, бірақ көптеген мүмкін жағдайларда байқалатын оқиғаларды сипаттайды. Мысалы, мутацияның пайда болу ықтималдығы өте аз болғанымен, популяциядағы даралар саны көп болғандықтан, мутациялар міндетті түрде кездеседі. Пуассон үлестіруі биологияда мутациялар санының, бактериялардың колониядағы өсу оқиғаларының немесе сирек кездесетін түрлердің тіркелу жиілігінің таралуын сипаттауға қолданылады.

Үшінші және ең маңыздысы — қалыпты (нормальды) үлестіру, ол биологиялық белгілердің басым көпшілігіне тән. Өсімдіктердің биіктігі, жапырақ ауданы, жануарлардың массасы, фермент белсенділігі, жүрек соғу жиілігі сияқты көрсеткіштердің таралуы әдетте осы заңдылыққа бағынады. Мұндай жағдайда деректердің көпшілігі орташа шаманың маңында шоғырланады, ал шеткі мәндер (өте кіші немесе өте үлкен) сирек кездеседі. Қалыпты үлестіру графигі қоңырау тәрізді қисық түрінде болады, оны көбіне «Гаусс қисығы» деп атайды.

Биологияда ықтималдық тек теориялық емес, практикалық құрал ретінде де маңызды. Мысалы, мутацияның пайда болу ықтималдығы генетикада эволюциялық процестердің негізін түсіндіреді. Әдетте бір геннің мутацияға ұшырау ықтималдығы  $10^{-6}$ – $10^{-8}$  деңгейінде. Бірақ популяцияда миллиондаған дара болса, бір мутацияның пайда болу ықтималдығы айтарлықтай өседі. Бұл табиғи сұрыпталудың бастапқы материалының үнемі жаңарып тұруын қамтамасыз етеді.

Тағы бір мысал — тұқымның өну ықтималдығы. Агрономияда және экологияда әртүрлі орта жағдайларында тұқымның өну пайызы есептеледі. Егер жылыжай жағдайында 100 тұқымның 90-ы өніп, дала жағдайында 70-і ғана өніп шықса, онда жылыжайда өну ықтималдығы 0,9, ал далада – 0,7. Осы айырмашылық экологиялық факторлардың әсерін сандық тұрғыда бағалауға мүмкіндік береді.

Эпидемиологияда да ықтималдық маңызды рөл атқарады. Аурудың таралу ықтималдығы халықтың аурушандық деңгейін сипаттайды. Егер 1000

адамның 50-і белгілі бір ауруға шалдыққан болса, онда ауру жұқтыру ықтималдығы 0,05 немесе 5 пайыз. Бұл көрсеткішті пайдаланып, аурудың таралу динамикасын, қауіп деңгейін және алдын алу шараларының тиімділігін модельдеуге болады.

Ықтималдық биологиялық жүйелердің болашақтағы жағдайын болжауға да мүмкіндік береді. Мысалы, белгілі бір түрдің жойылып кету қаупін анықтау үшін ғалымдар сол түрдің тірі қалу ықтималдығын есептейді. Егер экологиялық стресс жағдайында популяцияның көбею ықтималдығы төмендеп, өлім-жітім жиілігі артса, онда жойылу ықтималдығы жоғары болады. Бұл көрсеткіштер табиғатты қорғау және биологиялық әртүрлілікті сақтау стратегияларын жоспарлауда маңызды.

Молекулалық деңгейде де ықтималдық ұғымы кеңінен қолданылады. Мысалы, ДНҚ репликациясы кезінде нуклеотидтердің дұрыс түзілу ықтималдығы 0,999999 деңгейінде болса, сирек қателер мутацияның себебі болуы мүмкін. Сол сияқты ферментативті реакциялар да 100 пайыз тиімділікпен жүрмейді — әрбір молекулалық соқтығысу нәтижелі болмауы мүмкін. Сондықтан жасушаішілік процестердің өзін ықтималдық сипаттайды.

Ықтималдық теориясының тағы бір маңызды қолданылуы – эксперимент нәтижелерінің сенімділігін бағалау. Көптеген статистикалық сынақтар, мысалы, Студенттің t-тесті,  $\chi^2$  (хи-квадрат) критерийі немесе ANOVA дисперсиялық талдауы ықтималдық принципіне сүйенеді. Бұл әдістер «кездейсоқ айырмашылық» пен «нақты әсердің» арасын ажыратуға көмектеседі. Егер зерттеуші екі топ арасындағы айырмашылықтың ықтималдығын есептеп, оның мәні 0,05-тен төмен болса ( $P < 0,05$ ), онда бұл айырмашылық кездейсоқ емес, яғни статистикалық тұрғыдан маңызды деп есептеледі.

Осылайша, ықтималдық тек биологияның абстрактылы бөлімі емес, ол нақты деректермен жұмыс істеудің ғылыми тәсілі. Ықтималдық заңдары арқылы биолог табиғаттағы күрделі құбылыстарды жүйелі түрде түсіндіре алады. Кездейсоқ процестердің артында белгілі бір статистикалық тәртіп бар екенін дәл осы ғылым айқындайды.

Қорыта айтқанда, ықтималдық биологиядағы барлық сандық зерттеулердің іргетасы болып табылады. Ол тұқымның өнуінен бастап экожүйенің тұрақтылығына дейінгі құбылыстарды сипаттауға мүмкіндік береді. Табиғаттағы әрбір оқиға белгілі бір ықтималдықпен жүреді, сондықтан биолог үшін бұл ұғымды түсіну – тірі табиғатты сандық және аналитикалық тұрғыдан зерттеудің ең басты шарты.

Пайдаланылған әдебиеттер:

Zar, J. H. Biostatistical Analysis. Pearson, 2010.

Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. Introduction to Biostatistics. W. H. Freeman, 2012.

Fisher, R. A. The Design of Experiments. Oliver & Boyd, 1935.

Quinn, G. P., & Keough, M. J. Experimental Design and Data Analysis for Biologists. Cambridge University Press, 2002.

Magurran, A. E. Measuring Biological Diversity. Blackwell, 2004.

Fowler, J., Cohen, L., & Jarvis, P. Practical Statistics for Field Biology. Wiley-Blackwell, 2013.

Crawley, M. J. The R Book. Wiley, 2013.