СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

SATBAYEV UNIVERSITY

Статистика және деректерді талдау

Ержан Асел Ануаркызы,Ph.D., «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының қауымдастырылған профессоры

Assel.yerzhan@satbayev.university

Статистикалық гипотезалар: Ғылыми зерттеудің негізі

Ғылыми білімнің өзегі — болжам жасау және оны дәлелдеу. Статистикалық гипотезалар осы процестің математикалық тілі болып табылады. Бұл курс деректерді талдаудың, шешім қабылдаудың және ғылыми ақиқатты анықтаудың негізгі құралдарын баяндайды.



Курс мазмұны

1-бөлім: Гипотеза дегеніміз не?

Ғылыми зерттеудің кез келген бағыты бір сұрақтан басталады: «Неге?» немесе «Қалай?». Осы сұрақтарға жауап іздеу барысында зерттеушілер алдын ала болжам — гипотеза — жасайды. Бұл бөлімде гипотезаның мәні, түрлері және ғылыми танымдағы рөлі қарастырылады.

01

Гипотезаның табиғаты

Болжам жасау және оны тексеруге дайындық

02

Гипотезаның түрлері

Сипаттамалық, түсіндірмелік, статистикалық

03

Статистикалық рөлі

Математикалық өңдеу және жүйелеу

Гипотезаның табиғаты

Гипотеза — белгілі бір құбылысты түсіндіруге немесе болжауға арналған алдын ала жорамал. Ол ғылыми зерттеудің бастапқы нүктесі ретінде қызмет етеді және зерттеушіге деректер жинаудың бағытын береді. Дұрыс тұжырымдалған гипотеза — нақты, тексеруге болатын және нақты болжамды білдіретін тезис болуы тиіс.

Болжамдық сипат

Гипотеза — шындық туралы алдын ала тұжырым. Ол зерттеу жүргізілгенге дейін қойылады және «егер... онда...» логикалық формасына негізделеді. Мысалы: «Егер студенттер күнделікті жаттығу жасаса, олардың академиялық үлгерімі жақсарады» деген болжам — нақты тексеруге болатын гипотеза.

Тәжірибелік тексеру

Гипотезаны тексеру үшін эксперимент немесе бақылау жүргізіледі. Жиналған деректер статистикалық талдауға ұшыраиды. Тек тәжірибемен расталған немесе терістелген болжам ғана ғылыми мәнге ие бола алады. Тексерілмеген болжам — жай ғана пікір болып қала береді.

Теориялық негіздеме

Ғылыми гипотеза бос жерден туындамайды — ол алдыңғы зерттеулерге, бар теорияларға немесе бақылауларға сүйенеді. Теориялық негіздеме гипотезаны ғылыми қауымдастық үшін сенімді және мағыналы етеді. Негізсіз болжам ғылыми емес деп есептеледі.

Гипотезаның түрлері

Ғылымда гипотезалардың бірнеше негізгі түрі қолданылады. Әрбір түрдің өз міндеті, қолдану аясы және зерттеу логикасы бар. Зерттеуші мақсатына сай дұрыс гипотеза түрін таңдай білуі — жоғары сапалы зерттеудің кілті.

Сипаттамалық гипотеза

Зерттелетін объектінің қасиеттерін, ерекшеліктерін немесе құрылымын ашуға бағытталған. Бұл гипотеза «Не бар?» деген сұраққа жауап береді. Мысалы: «Қалалық мектеп оқушыларының математикадан орташа балы 75 пайыздан жоғары» деген болжам — сипаттамалық гипотеза.

Түсіндірмелік гипотеза

Белгілі бір құбылыстың неліктен немесе қалай болатынын, оның механизмін зерттейді. «Неліктен?» деген сұраққа жауап іздейді. Мысалы: «Стресс деңгейінің жоғарылауы ұйқысыздыққа алып келеді» — бұл себеп-салдар байланысын зерттейтін түсіндірмелік гипотеза.

Статистикалық гипотеза

Бас жиынтық параметрлері арасындағы байланысты немесе айырмашылықты сандық тұрғыдан бағалайды. Математикалық формулалар мен статистикалық критерийлер арқылы тексеріледі. Мысалы: «Екі топтың орташа мәндері арасындағы айырмашылық статистикалық маңызды» деген тезис — статистикалық гипотезаның үлгісі.

Статистикалық гипотезаның рөлі

Статистикалық гипотеза — жай болжамнан гөрі маңыздырақ ұғым. Ол зерттеуші мен деректер арасындағы диалогты ұйымдастырады: «Бұл нәтиже кездейсоқ па, әлде заңды ма?» деген сұраққа нақты жауап береді. Заманауи ғылымда статистикалық гипотезаларды тексерусіз ешбір тәжірибелік зерттеу толыққанды деп саналмайды.

Математикалық өңдеу

Эксперименттік деректерді тек сипаттап қана қоймай, оларды формулалар мен критерийлер арқылы сандық бағалауға мүмкіндік береді. Нәтижелердің кездейсоқ немесе заңды екенін математикалық дәлдікпен анықтайды. Бұл субъективті пікірдің орнына объективті деректерге негізделген қорытынды жасауды қамтамасыз етеді.

Болжам жасау және жүйелеу

Статистикалық гипотеза бас жиынтықтың (population) қасиеттері туралы таңдама (sample) деректеріне сүйене отырып болжам жасауға мүмкіндік береді. Зерттеу бағытын нақтылайды, артық немесе маңызсыз деректерді сүзіп алуға көмектеседі. Ғылыми жұмыстың логикасын және ішкі жүйелілігін қамтамасыз етеді.

Ғылыми сенімділік

Статистикалық тексеруден өткен нәтижелер ғылыми қауымдастықта жоғары бағаланады. Зерттеуші өз тұжырымдарын сандармен негіздей алатын болса, оның жұмысының ғылыми беделі артады.



Курс мазмұны

2-бөлім: Нөлдік және Альтернативті гипотезалар

Статистикалық тексерудің жүрегінде екі қарама-қарсы гипотеза жатыр — нөлдік (H_0) және альтернативті (H_1). Бұл бөлімде олардың мәні, айырмашылығы, бағытталған және бағытталмаған формалары терең қарастырылады.

Нөлдік гипотеза (H_0)

Нөлдік гипотеза — статистикалық тексерудің бастапқы позициясы. Ол «ештеңе өзгерген жоқ», «айырмашылық жоқ» деген болжамды білдіреді. Зерттеуші алдымен осы гипотезаны тексереді және оны жоққа шығаруға тырысады. Нөлдік гипотезаны жоққа шығара алмаса, бұл жаңа тұжырым жасауға жеткіліксіз дәлел бар дегенді білдіреді.



Айырмашылықтың жоқтығы

H_0 екі құбылыс, топ немесе параметр арасында мәнді айырмашылықтың жоқтығын мәлімдейді. Мысалы: «Бақылау тобы мен тәжірибелік топтың орташа нәтижелері арасында айырмашылық жоқ» ($\mu_1 = \mu_2$). Бұл — зерттеудің бастапқы «бейтарап» позициясы.



Кездейсоқтық болжамы

Нөлдік гипотеза бойынша алынған нәтижелер кездейсоқ ауытқулардың жемісі деп саналады, яғни бақылаудағы айырмашылық шынайы емес. Статистикалық тексеру осы кездейсоқтық болжамын сынға алады.



Практикалық мысал

Медицинада: «Жаңа препараттың пациентке ауруды емдеуге ешқандай әсері жоқ» деген болжам — нөлдік гипотезаның классикалық үлгісі. Клиникалық сынақтар осы болжамды жоққа шығаруға немесе растауға бағытталады.

Альтернативті гипотеза (H_1)

Альтернативті гипотеза — зерттеушінің дәлелдегісі келетін негізгі болжам. Ол нөлдік гипотезаның қарама-қарсысы ретінде тұжырымдалады және параметрлер арасындағы нақты, мәнді айырмашылықтың немесе байланыстың бар екенін мәлімдейді. Ғылымда H_1 — зерттеушінің «өз дауысы», оның деректерге сүйенген болжамы.

Мәнді айырмашылықтың болуы

H_1 параметрлер арасында статистикалық тұрғыдан мәнді айырмашылықтың бар болуын тұжырымдайды. Мысалы: «Жаңа оқыту әдісін қолданған студенттердің үлгерімі дәстүрлі топқа қарағанда жоғары» ($\mu_1 \neq \mu_2$ немесе $\mu_1 > \mu_2$). Бұл болжам нөлдік гипотезаны жоққа шығару арқылы расталады немесе расталмайды.

Эксперименталды жұмыс гипотезасы

Альтернативті гипотеза зерттеушінің зерттеу жұмысын жүргізер алдында қойған негізгі мақсатын бейнелейді. Ол бүкіл эксперименттің «қозғаушы күші» болып табылады. Деректер жинау, таңдама мөлшерін анықтау және статистикалық критерийді таңдау — барлығы H_1-ді тексеруге бағытталады.

Дәлелдеудің логикасы

Ғылымда тікелей H_1-ді дәлелдеу орнына H_0-ды жоққа шығару жолы қолданылады. Егер нөлдік гипотеза статистикалық тұрғыдан жоққа шығарылса, бұл альтернативті гипотезаны қолдайтын жанама дәлел болып саналады. Бұл логика ғылымның жалпы ұстанымына — «жоққа шығару мүмкін болмаса, дәлелдеу мүмкін емес» — сәйкес келеді.

Бағытталған және бағытталмаған гипотезалар

Альтернативті гипотеза тұжырымдалу сипатына қарай екіге бөлінеді: бағытталған (бір жақты) және бағытталмаған (екі жақты). Дұрыс форманы таңдау статистикалық сынақтың нәтижелігіне тікелей әсер етеді.

Бағытталған гипотеза (Бір жақты сынақ)

Зерттеуші алдын ала айырмашылықтың бағытын білетін кезде қолданылады. Мысалы: «А тобының орташа нәтижесі Б тобынан **жоғары**» ($\mu_1 > \mu_2$) немесе «А тобының орташа нәтижесі Б тобынан **төмен**» ($\mu_1 < \mu_2$). Бұл форма сезімталдығы жоғары, яғни нақты бағыттағы айырмашылықты анықтауға күшті. Алайда, егер айырмашылық күтілген бағыттың қарама-қарсысында болса, оны анықтай алмайды. Алдыңғы зерттеулер немесе теория нақты бағытты ұсынғанда ғана қолданылуы тиіс.

Бағытталмаған гипотеза (Екі жақты сынақ)

Зерттеуші айырмашылықтың бар екенін болжайды, бірақ оның қай бағытта екенін алдын ала білмейді. Мысалы: «А және Б топтарының орташа мәндері арасында айырмашылық бар» ($\mu_1 \neq \mu_2$). Бұл форма консервативтірек және жалпы зерттеулерде кеңінен қолданылады. Екі жаққа да (жоғары немесе төмен) байланысты ауытқуларды анықтай алады. Ғылыми журналдарда мақала жариялаған кезде бағытталмаған гипотеза жиі қалауда болады, өйткені ол зерттеушінің алдын ала болжамды «бұрмалауынан» сақтайды.

Тәжірибеде: Бағытталмаған гипотезалар бастапқы (exploratory) зерттеулерде, бағытталғандар — растаушы (confirmatory) зерттеулерде жиі қолданылады.

Курс мазмұны

3-бөлім: Статистикалық қателіктер

Гипотезаларды тексеру процесі — мінсіз емес. Кез келген статистикалық шешімде белгілі бір қателік жасалу мүмкіндігі бар. Осы бөлімде I және II типті қателіктердің мәні, салдары және оларды теңестіру жолдары толық қарастырылады.



I типті қателік (Альфа — α)

I типті қателік — статистикалық тексерудегі ең танымал және жиі талқыланатын қате. Ол **шын нөлдік гипотезаны қателікпен жоққа шығарғанда** туындайды. Яғни, шындығында айырмашылық жоқ, бірақ сынақ нәтижесінде айырмашылық бар деп тұжырымдалады. Бұл «жалған жағымды» (false positive) нәтиже деп аталады.

Мәні

Нөлдік гипотеза шын болғанымен, деректер оны жоққа шығаруға жеткілікті «дәлел» ретінде көрінеді. Бұл кездейсоқ ауытқулардың маңызды нәтиже ретінде қабылдануынан туындайды. Мысалы: шын мәнінде тиімсіз препарат клиникалық сынақта тиімді болып шығуы.

Альфа деңгейі (α)

Маңыздылық деңгейі (significance level) — I типті қателік жасалу ықтималдығының жоғарғы шегі. Ғылымда кең қолданылатын стандарт мәндер: α = 0,05 (5%), α = 0,01 (1%), α = 0,001 (0,1%). A = 0,05 дегені: «Нөлдік гипотеза шын болса да, оны 100 сынақтың 5-інде қателікпен жоққа шығарамын» дегенді білдіреді.

Практикалық салдары

Медицинада I типті қателік аса қауіпті: тиімсіз дәрі нарыққа шығарылуы мүмкін. Сондықтан клиникалық сынақтарда α = 0,01 немесе 0,001 деңгейі жиі таңдалады. Ғылыми жариялымдарда репликация дағдарысының бір себебі — I типті қателікке жеткілікті назар аудармау.

II типті қателік (Бета — β)

II типті қателік — **жалған нөлдік гипотезаны қателікпен қабылдағанда** туындайды. Яғни, шындығында айырмашылық бар, бірақ статистикалық сынақ оны анықтай алмайды. Бұл «жалған теріс» (false negative) нәтиже деп аталады — бар нәрсені байқамай қалу.

Жалған теріс нәтиженің мәні

Нөлдік гипотеза жалған болғанымен, деректер оны жоққа шығаруға жеткіліксіз «дәлел» береді. Зерттеуші «айырмашылық жоқ» деген қорытынды жасайды, бірақ шын мәнінде айырмашылық бар. Мысалы: тиімді жаңа дәрілік препарат клиникалық сынақта тиімсіз болып шығуы — нәтижесінде науқастар тиімді емнен айырылады.

Бета деңгейі (β) және оған әсер ететін факторлар

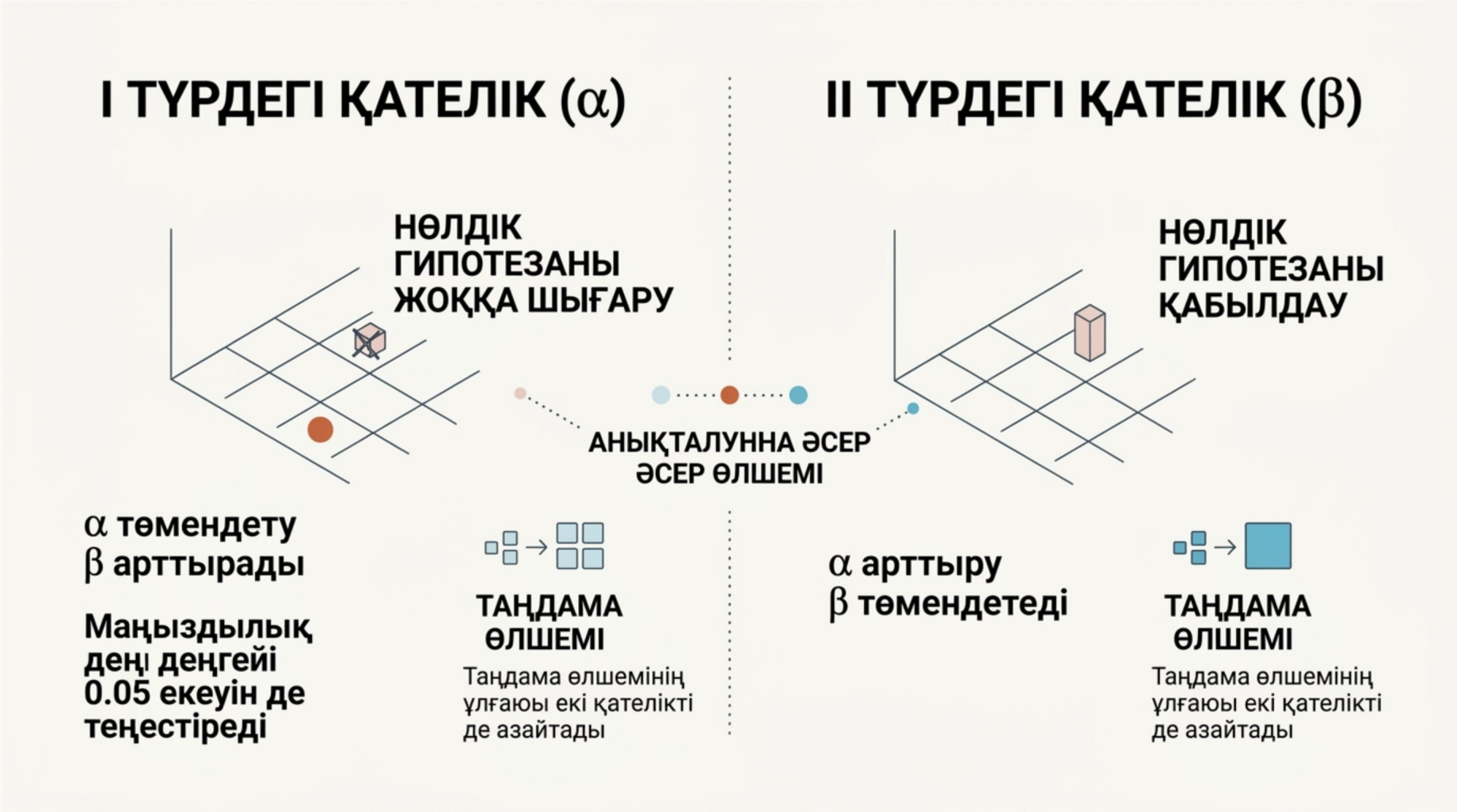
β — II типті қателік жасалу ықтималдығы. Таңдама (sample) мөлшері кішкентай болса, β артады. Нақты айырмашылықтың (effect size) шамасы кішкентай болса, оны анықтау қиындайды. Стандартты ғылыми зерттеулерде β ≤ 0,20 (20%) деңгейі қолайлы деп саналады, яғни зерттеудің қуаты (power) кем дегенде 80% болуы тиіс.

Практикалық салдары

II типті қателік жиі назардан тыс қалады, бірақ оның салдары да маңызды. Медицинада: тиімді емді табуда кешігу. Бизнесте: жұмыс істейтін маркетинг стратегиясын жоққа шығару. β-ны азайту үшін таңдама мөлшерін ұлғайту немесе зерттеу дизайнын жетілдіру қажет.

Қателіктер арасындағы тепе-теңдік

I және II типті қателіктер арасында міндетті тепе-теңдік (trade-off) бар. Бірін азайтуға тырысқанда, екіншісі артады. Зерттеуші осы тепе-теңдікті сезімталдықпен басқара білуі тиіс.



Мысалы, α = 0,01 деңгейін таңдасаңыз, I типті қателіктің ықтималдығы азаяды, бірақ β артуы мүмкін — яғни нақты айырмашылықты байқамай қалу қаупі өседі. Оңтайлы шешім — таңдама мөлшерін ұлғайту арқылы екі қателікті де бақылауда ұстау. Зерттеу контексіне байланысты маңыздылық деңгейін дұрыс таңдау өте маңызды: медицинада α = 0,01, әлеуметтік ғылымдарда α = 0,05 жиі қолданылады.



Курс мазмұны

4-бөлім: Статистикалық критерийлер

Гипотезаларды тексерудің негізгі математикалық құралдары — статистикалық критерийлер. Олар деректерді «шешім ережелеріне» айналдырып, нөлдік гипотезаны қабылдау немесе жоққа шығару туралы нақты тұжырым жасауға мүмкіндік береді.

Критерий дегеніміз не?

Статистикалық критерий — нөлдік гипотезаны тексеруге арналған, таңдамалық деректерге негізделген кездейсоқ шама. Ол «шешім ережесін» (decision rule) қалыптастырады: есептелген мән белгілі бір шекті мәннен асса, H_0 жоққа шығарылады; аспаса — H_0 қабылданады.

Кездейсоқ шама

Критерий таңдамадан есептелетін статистика болып табылады (t, F, χ^2, U және т.б.). Оның мәні таңдама деректеріне байланысты өзгереді. Нөлдік гипотеза шын болған жағдайда бұл шаманың үлестірімі (distribution) алдын ала белгілі болады.

Шешім ережесі

Критикалық мән (critical value) белгіленеді және есептелген статистика осы мәнмен салыстырылады. Егер есептелген мән критикалық аймаққа түссе, H_0 жоққа шығарылады. Бұл процесс нақты математикалық негізге ие, субъективті пікірге орын жоқ.

Параметрлік критерийлер

Деректердің белгілі бір үлестіріміне (негізінен қалыпты) бағынуын талап етеді. Стьюденттің t-критерийі, ANOVA, Пирсонның корреляциясы — ең кең тараған мысалдар. Жеткілікті таңдама мөлшерінде жоғары дәлдікпен жұмыс жасайды.

Параметрлік емес критерийлер

Деректердің үлестіріміне қатаң талаптар қойылмайды. Кішкентай таңдамаларда немесе реттік (ordinal) деректерде қолданылады. Манн-Уитни, Вилкоксон, Краскел-Уоллис критерийлері — негізгі өкілдері.

Курс мазмұны

5-бөлім: Статистикалық маңыздылық деңгейі

Статистикалық маңыздылық — кездейсоқтық пен заңдылық арасындағы шекараны белгілейтін ұғым. P-мәні және сенімділік аралығы — осы шекараны математикалық тұрғыдан сипаттайтын екі негізгі құрал.



P-мәні (P-value) дегеніміз не?

P-мәні — нөлдік гипотеза шын болса, алынған нәтиже сияқты немесе одан да «экстремал» нәтиже алу ықтималдығы. Қарапайым тілмен айтқанда: P-мәні неғұрлым кішкентай болса, соғұрлым алынған нәтиже кездейсоқтыққа жатпайтынын білдіреді.

P-мәнін түсіндіру

P < 0,05: Нәтиже статистикалық тұрғыдан маңызды. Нөлдік гипотеза жоққа шығарылады.
P = 0,03: Нөлдік гипотеза шын болса, мұндай нәтиже 100 сынақтың тек 3-інде кездесер еді.
P > 0,05: Нәтиже статистикалық маңызды емес. H_0 қабылданады (бірақ расталмайды!).
P < 0,001: Нәтиже өте жоғары сенімділікпен маңызды — жоғары дәлдікті талап ететін зерттеулерде қолданылатын стандарт.

Жиі жіберілетін қателіктер

P-мәні туралы бірнеше кең тараған қате түсінік бар: P-мәні нөлдік гипотезаның «дұрыс» немесе «бұрыс» екенін дәлелдемейді — ол тек ықтималдықты көрсетеді. P > 0,05 болуы «айырмашылық жоқ» дегенді білдірмейді; тек «бізде оны дәлелдеуге жеткілікті дәлел жоқ» дегенді білдіреді. P-мәні эффект мөлшерін (effect size) немесе практикалық маңызды (practical significance) дегенді білдірмейді — үлкен таңдамада кішкентай айырмашылықтар да статистикалық маңызды болып шығуы мүмкін.

2016 жылы Американдық статистикалық қауымдастық P-мәнін жалғыз шешім критерийі ретінде қолдануға қарсы ресми мәлімдеме жасады.

Сенімділік аралығы (Confidence Interval)

Сенімділік аралығы (CI) — белгілі бір сенімділік деңгейінде (мысалы, 95%) бас жиынтық параметрінің нақты мәні қамтылатын сандық диапазон. Ол P-мәнімен бірге қолданылып, зерттеу нәтижесінің толық суретін береді.

95% Сенімділік аралығы

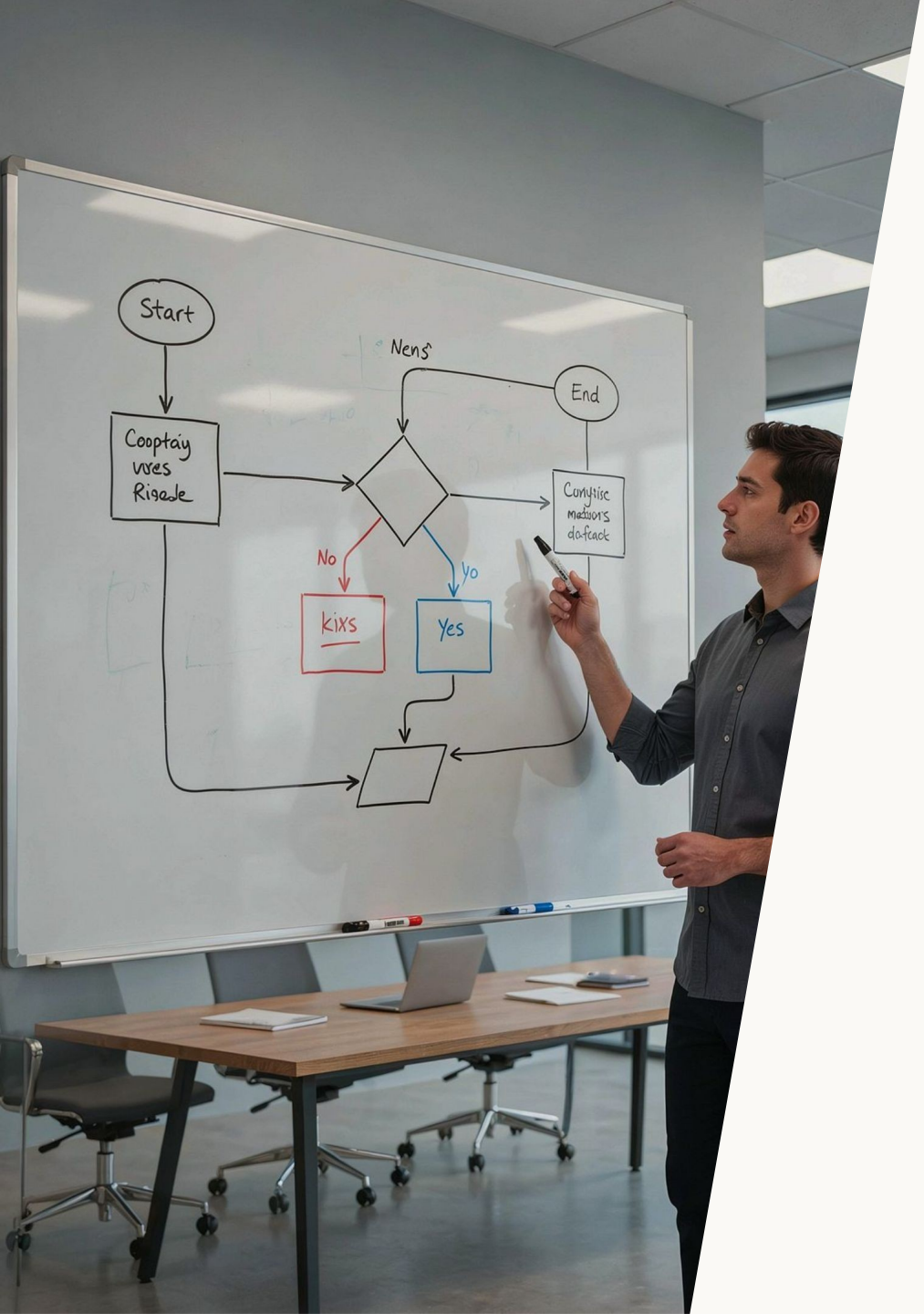
Егер бір зерттеуді 100 рет қайталасаңыз, алынған 95% CI олардың 95-і бас жиынтықтың нақты параметр мәнін қамтиды. Мысалы, жаңа оқыту бағдарламасының орташа балды 5 ± 2 балға арттыратынын анықтасаңыз, 95% CI [3, 7] дегені: нақты әсер 3-тен 7-ге дейін болуы 95% ықтималдықпен расталады.

CI және H_0 арасындағы байланыс

Сенімділік аралығы нөлдік гипотезаны тексерудің баламалы әдісі болып табылады. Егер 95% CI нөлдік мәнді (0 немесе 1) қамтымаса, нәтиже $\alpha = 0{,}05$ деңгейінде статистикалық маңызды деп есептеледі. CI P-мәнінен артықшылықты: ол тек «маңызды/маңызды емес» деп қоймай, нақты параметр мәнінің диапазонын да береді.

Практикалық қолдану

Медицинада: препараттың орташа қан қысымын төмендету мөлшері 95% CI [−12, −5] mmHg екені анықталса, бұл практикалық тұрғыдан маңызды нәтиже. Маркетингте: науқанның сатылымды арттыру пайызы 95% CI [2%, 18%] — нәтиже маңызды, бірақ белгісіздік ауқымы кең. Сенімділік аралығы зерттеудің дәлдігін де бағалауға мүмкіндік береді.



Курс мазмұны

6-бөлім: Гипотезаларды тексеру алгоритмі

Гипотезаны тексеру — кездейсоқ жүргізілетін іс-шара емес. Ол нақты қадамдар тізбегінен тұратын жүйелі процесс. Осы бөлімде гипотезаны тексерудің стандартты алгоритмі екі кезеңге бөліп қарастырылады.

Зерттеу қадамдары

Дұрыс жоспарланған зерттеу — сапалы нәтиженің кепілі. Алғашқы үш қадам зерттеуді нақты бағытқа қояды және деректер жинаудан бұрын жасалуы тиіс. Осы қадамдарды алдын ала орындамау — нәтижелердің бұрмалануына немесе статистикалық қателіктерге алып келуі мүмкін.

1

1-қадам: Зерттеу сұрағын қою

Нақты, өлшеуге болатын зерттеу сұрағын тұжырымдаңыз. Мысалы: «Жаңа оқыту бағдарламасы студенттердің математика бойынша орташа балын арттыра ма?» Жауабы «иә/жоқ» форматында болатын сұрақ статистикалық тексеруге ыңғайлы.

2

2-қадам: H_0 және H_1 анықтау

Нөлдік гипотезаны (H_0): «Бағдарлама балды өзгертпейді» ($\mu_1 = \mu_2$) және альтернативті гипотезаны (H_1): «Бағдарлама балды арттырады» ($\mu_1 > \mu_2$) нақты тұжырымдаңыз. Бұл кезеңде бағытталған/бағытталмаған форма таңдалады.

3

3-қадам: Критерий мен α таңдау

Деректер типіне, топтар санына және үлестірімге байланысты дұрыс статистикалық критерийді таңдаңыз (t-критерий, хи-квадрат, ANOVA және т.б.). Маңыздылық деңгейін (α) зерттеу контексіне қарай белгілеңіз: медицинада 0,01, жалпы зерттеулерде 0,05.

Деректерді талдау және шешім

Деректер жиналған соң, статистикалық есептеу жүргізіледі және соңғы шешім қабылданады. Бұл кезеңдегі тұжырым нақты және дәл болуы тиіс — «H_0 жоққа шығарылады» немесе «H_0 жоққа шығаруға жеткілікті дәлел жоқ» деген форматта ғана жасалады.

1

Статистиканы есептеу

Таңдаған критерий бойынша сынақ статистикасын есептеңіз (мысалы, t-мән, χ^2-мән). SPSS, R, Python немесе Excel сияқты бағдарламалар бұл есептеулерді автоматты түрде жүргізеді. Нәтиже сандық мән түрінде алынады.

2

P-мәнін α-мен салыстыру

Есептелген P-мәнін алдын ала белгіленген α деңгейімен салыстырыңыз. Егер $P < \alpha$ (мысалы, $P = 0{,}02 < 0{,}05$): нәтиже статистикалық маңызды. Егер $P > \alpha$ (мысалы, $P = 0{,}12 > 0{,}05$): нәтиже статистикалық маңызды емес.

3

Қорытынды жасау

$P < \alpha$ болса: H_0 жоққа шығарылады, H_1 қолдау тапты деп тұжырымдалады. $P > \alpha$ болса: H_0 жоққа шығаруға жеткілікті дәлел жоқ. Тұжырым зерттеу контексінде нақты тілмен жазылады: «Жаңа оқыту бағдарламасы студенттердің орташа балын статистикалық маңызды деңгейде арттырады ($t(48) = 2{,}87$, $p = 0{,}006$)».



Курс мазмұны

7-бөлім: Параметрлік және параметрлік емес критерийлер

Статистикалық критерийлер екі үлкен санатқа бөлінеді: параметрлік және параметрлік емес. Дұрыс санатты таңдау — деректердің сипатына, таңдама мөлшеріне және зерттеу мақсатына байланысты. Қате таңдалған критерий — жалған нәтижеге алып келуі мүмкін.

Параметрлік критерийлер

Параметрлік критерийлер деректер белгілі бір математикалық талаптарға (негізінен қалыпты үлестірімге) сәйкес болғанда қолданылады. Олар жоғары статистикалық қуатқа ие және таңдама мөлшері жеткілікті болғанда ең дәл нәтиже береді.

Стьюденттің t-критерийі

Екі топтың орташа мәндерін салыстыруға арналған классикалық критерий. Тәуелсіз таңдамалар (independent samples t-test) және байланысты таңдамалар (paired t-test) үшін бөлек формулалары бар. Мысалы: бақылау және тәжірибелік топтардың орташа балдарын салыстыру. Талаптар: қалыпты үлестірім, біртекті дисперсия (Levene сынағымен тексеріледі).

Дисперсиялық талдау (ANOVA)

Үш және одан да көп топтың орташа мәндерін бір мезгілде салыстыруға мүмкіндік береді. Бір факторлы (one-way) және көп факторлы (factorial) ANOVA болып бөлінеді. F-статистикасын қолданады. Мысалы: үш түрлі диета бағдарламасының салмаққа әсерін салыстыру. Post-hoc сынақтар (Tukey, Bonferroni) арқылы қай топтар арасындағы айырмашылық маңызды екені анықталады.

Пирсон корреляциясы

Екі сандық айнымалы арасындағы сызықтық байланыстың күші мен бағытын өлшейді. r мәні −1-ден +1-ге дейін өзгереді. r = +1: мінсіз оң корреляция; r = −1: мінсіз теріс корреляция; r = 0: байланыс жоқ. Мысалы: оқу уақыты мен академиялық үлгерім арасындағы байланысты анықтау.

Параметрлік емес критерийлер

Параметрлік емес критерийлер деректер қалыпты үлестіріммен сипатталмаған кезде, таңдама мөлшері кішкентай болғанда немесе реттік (ordinal) деректермен жұмыс жасағанда қолданылады. Олар деректерді рангілеу (ranking) принципіне негізделеді — нақты сандық мәндердің орнына олардың реттік орны қолданылады.

Манн-Уитни U-критерийі

Тәуелсіз екі топты салыстыруға арналған параметрлік емес баламасы — Стьюденттің t-критерийінің. Деректер рангіленіп, рангілер сомасы арқылы айырмашылық анықталады. Мысалы: ауруды жеңілдетуде екі түрлі емнің тиімділігін пациенттердің субъективті бағасы (реттік шкала) бойынша салыстыру. Деректер симметриялы болған кезде U-критерий t-критерийге жақын нәтиже береді.

Вилкоксон критерийі

Байланысты (paired) екі таңдаманы салыстырудың параметрлік емес нұсқасы. Байланысты t-тесттің баламасы. «Дейін» және «кейін» өлшемдерін салыстыру үшін кеңінен қолданылады. Мысалы: дене шынықтыру бағдарламасына дейін және кейін пациенттердің икемділік деңгейін салыстыру. Айырымдардың таңбасы мен шамасын ескере отырып рангілейді.

Краскел-Уоллис және Спирмен

Краскел-Уоллис: Үш және одан да көп тәуелсіз топты салыстыруға арналған параметрлік емес ANOVA-ның баламасы. **Спирменнің рангілік корреляциясы:** Пирсон корреляциясының параметрлік емес нұсқасы, реттік деректермен немесе сызықтық емес байланыстарда қолданылады. Мысалы: студенттердің мотивация деңгейі мен оқу нәтижелері арасындағы монотонды байланысты анықтау.



Курс мазмұны

8-бөлім: Статистикалық қуат (Statistical Power)

Статистикалық қуат — зерттеудің «күші». Ол нақты айырмашылық немесе эффект бар болса, оны анықтай алу мүмкіндігін білдіреді. Жеткіліксіз қуатты зерттеу — нақты нәтижелерді байқамай қалу қаупін арттырады.

Қуаттылықтың маңызы

Статистикалық қуат (1 − β) — II типті қателіктің жасалмау ықтималдығы. Яғни, шын мәнінде айырмашылық бар болса, оны анықтай алу ықтималдығы. Стандартты ғылыми зерттеулерде қуат кемінде **0,80 (80%)** болуы ұсынылады.

Қуатқа әсер ететін факторлар

1. Таңдама мөлшері (n): Неғұрлым үлкен таңдама, соғұрлым жоғары қуат. Таңдама мөлшерін екі есеге арттыру қуатты айтарлықтай жоғарылатады. Зерттеу жоспарлау кезеңінде a priori қуат талдауы жасалуы тиіс.
2. Эффект мөлшері (effect size): Нақты айырмашылық неғұрлым үлкен болса, оны анықтау оңайырақ. Cohen-дің d, η^2, r — эффект мөлшерінің танымал өлшемдері.
3. Маңыздылық деңгейі (α): α жоғарылатылса (мысалы, 0,05-тен 0,10-ға), қуат артады, бірақ I типті қателік ықтималдығы да өседі.

Таңдама мөлшерін есептеу

Зерттеу жоспарлағанда зерттеуші қажетті таңдама мөлшерін алдын ала есептеуі тиіс. Ол үшін мыналар қажет: күтілетін эффект мөлшері, маңыздылық деңгейі α, қажетті қуат деңгейі (1 − β). G*Power, R немесе Python бағдарламалары арқылы бұл есептеу автоматты түрде жасалады.

Жеткіліксіз қуаттың салдары

Қуаты төмен зерттеулер жарияланбау тенденциясына (publication bias) алып келеді: теріс нәтижелі зерттеулер сирек жарияланады, нақты айырмашылықтар байқалмайды. Бұл ғылыми білімнің бұрмаланған бейнесін қалыптастыруы мүмкін.



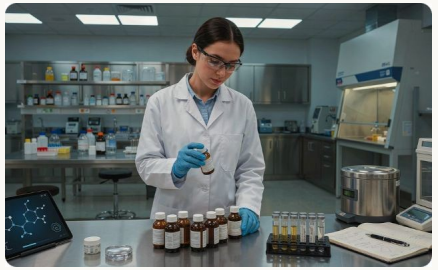
Курс мазмұны

9-бөлім: Практикалық мысалдар

Теорияны өмірмен байланыстыру — ғылыми білімнің нақты мәнін ашады. Бұл бөлімде статистикалық гипотезалардың медицина, маркетинг және әлеуметтік ғылымдардағы нақты қолданысы мысалдармен қарастырылады.

Медициналық зерттеулердегі гипотеза

Медицина саласы — статистикалық гипотезаларды ең жауапкершілікпен тексеру талап етілетін аймақ. Мұнда қате шешімдердің адам өміріне тікелей әсері болуы мүмкін. Клиникалық сынақтар (clinical trials) — гипотезаны тексерудің ең жүйелі және қатаң стандарттары бар форматы.



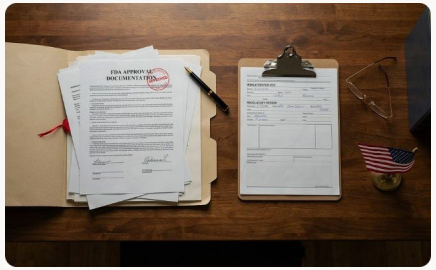
Жаңа дәрінің тиімділігін тексеру

H_0: «Жаңа препарат пен плацебо арасында емдеу нәтижесінде айырмашылық жоқ»
H_1: «Жаңа препарат плацебоға қарағанда симптомдарды тиімдірек азайтады»
Рандомизацияланған бақыланатын сынақта (RCT) пациенттер кездейсоқ бақылау (плацебо) және тәжірибелік (препарат) топтарға бөлінеді. Нәтижелер статистикалық тексеруден өтіп, $P < 0,05$ болса препарат тиімді деп танылады.



Топтар арасындағы айырмашылық

Тәжірибелік топ пен бақылау тобының нәтижелерін салыстыру үшін Стьюденттің t-критерийі немесе Манн-Уитни U-критерийі қолданылады. Эффект мөлшері (Cohen's d) дәрінің практикалық маңыздылығын да бағалайды. Статистикалық маңыздылық пен клиникалық маңыздылық — бұл екі бөлек ұғым: статистикалық маңызды нәтиже клиникалық тұрғыдан маңызсыз болуы мүмкін.



Реттеушілік шешімдерде рөлі

ДДҰ (WHO), АҚШ-тың FDA, ЕО-ның EMA сияқты реттеуші органдар дәрілік препараттарды мақұлдауда статистикалық маңыздылықты негізгі критерий ретінде қолданады. Фаза III клиникалық сынақтарында $P < 0,05$ (кейде $P < 0,01$) шарты міндетті. Бірнеше сынақтан өту қажет — бір ғана сынақтағы маңызды нәтиже жеткіліксіз.

Әлеуметтік және экономикалық болжамдар

Статистикалық гипотезалар тек зертханалық жағдайда ғана емес, маркетинг стратегиясын жоспарлауда, экономикалық саясатты бағалауда және әлеуметтік зерттеулерде де кеңінен қолданылады. Бизнес шешімдерінің деректерге негізделуі — компанияның бәсекелестік артықшылығына тікелей байланысты.

Маркетингтік науқандардың тиімділігін бағалау

Сұрақ: «Жаңа жарнама науқаны сатылымды арттыра ма?»
H_0: Науқан сатылымға әсер етпейді (μ_дейін = μ_кейін).
H_1: Науқаннан кейін сатылым өсті (μ_кейін > μ_дейін).
A/B тестілеу арқылы клиенттер екі топқа бөлінеді: бірі жаңа жарнаманы, екіншісі ескісін көреді. Сатып алу конверсиясы χ^2-критерийі немесе t-критерийімен салыстырылады. $P < 0,05$ болса, жаңа науқан сатылымға оң әсер тигізді деп тұжырымдалады — маркетинг бюджеті осы шешімге негізделеді.

Халықтың әл-ауқаты мен факторлар арасындағы корреляция

Экономистер мен социологтар халықтың табыс деңгейі, білім деңгейі, денсаулық сақтау шығындары сияқты факторлар арасындағы байланысты статистикалық тексеру арқылы анықтайды. **Мысал:** «Орта мектептегі сынып мөлшері мен оқушылардың академиялық нәтижелері арасында байланыс бар ма?» Регрессиялық талдау және корреляция коэффициенті арқылы байланыстың бар-жоғы, күші және бағыты анықталады. Мемлекеттік саясат жасаушылар осындай статистикалық дәлелдемелерге сүйене отырып, білім беруге инвестиция салу туралы шешім қабылдайды.

Деректерге негізделген шешімдер — сезімге негізделгеннен 5–6 есе нәтижелі екенін зерттеулер дәлелдеген.

Статистикалық гипотезалар: Ғылыми ақиқатқа апарар жол

Статистикалық гипотезаларды тексеру — бұл тек сандарды салыстыру емес, болжамдардың шындыққа сәйкестігін объективті дәлелдеу процесі. Ол ғылымның субъективтіліктен арылып, ақиқатқа жақындаудың негізгі құралы болып табылады.

Қателіктерді басқару

I және II типті қателіктерді саналы басқару арқылы зерттеушілер жалған жаңалықтардан сақтанып, ғылыми тұжырымдардың сенімділігін қамтамасыз етеді. Маңыздылық деңгейін, қуатты және таңдама мөлшерін дұрыс таңдау — жоғары сапалы зерттеудің үш тірегі.

P-мәні — шекара белгісі

Статистикалық маңыздылық (P-мәні) — кездейсоқтық пен заңдылық арасындағы шекараны белгілейтін математикалық компас. Ол ғылыми зерттеулердің объективтілігін айқындайды. Алайда P-мәнін практикалық маңыздылықпен, эффект мөлшерімен және сенімділік аралықтарымен бірге қарастыру — толыққанды зерттеудің белгісі.

Болашақтың перспективасы

Үлкен деректер (Big Data) мен жасанды интеллект (AI) дәуірінде гипотезаларды тексерудің дәстүрлі критерийлері жаңа деңгейге көтерілуде. Machine learning алгоритмдері миллиондаған деректер нүктелерінен жасырын заңдылықтарды ашуда. Байесиандық статистика классикалық жиілік статистикасына балама ұсынуда. Алайда ядро өзгермейді: сапалы гипотеза, дұрыс критерий таңдау және шешімді нақты тұжырымдау — ғылыми зерттеудің мәңгілік негізі.

> «Барлық модельдер қате, бірақ кейбіреулері пайдалы.» — Джордж Бокс. Статистикалық гипотезалар шындықтың дәл көшірмесі емес, ғылыми болжамдардың ең жақсы жуықтамасы.