

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

ҚАРАҒАНДЫ МЕМЛЕКЕТТІК ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Аринова С.К.

Лекция

«Эксперимент нәтижелерін жоспарлау және өңдеу»

Қарағанды 2023ж

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

ҚАРАҒАНДЫ МЕМЛЕКЕТТІК ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Нанотехнологии және металлургия кафедрасы

Аринова С.К.

Лекция

РiОRE 5107 «Эксперимент нәтижелерін жоспарлау және өңдеу» пәні

ТЕТ 02 «Технология және эксперимент» модулі

7M07102—«Материалтану және жаңа материалдар технологиясы»
мамандығы

Қарағанды 2023

№ 7 Дәріс. Дәрекі өлшеу қателіктері. Мүлт кетулерді баға және ерекшеліктің әдістері (2 сағат)

Дәріс жоспары

1. Дәрекі өлшеу қателіктері.
2. График түрінде өңдеудің әдістері.
3. Эмпирикалық тәуелділіктердің алы әдістер
4. Отклик беті бойымен тік өрлеу

1. Дәрекі өлшеу қателіктері

Өрескел қателер:

логикалығы - атқарылатын өлшемдердің жеткіліксіз түсінуімен шақырған, кішірейтуге және арқасында мұқият әзірлеу және инструктаж жойыла алады.

көрулер - құрал бойынша теріс есептеудің алуымен шақырған, қатемен немесе салақтықпен. Автоматты жазушы аппаратураға өлшемдері және құралдар өткел есебінен жоғалтылады.

мүлт кетулер - өлшемдердегісі шатақпен, арифметикалық қателер шақырған. Оңай мәлім болып тексерудің жанында дұрыстанады.

Дәрекі өлшеу қателіктері. Мүлт кетулерді баға және ерекшеліктің әдістері

1. Дәрекі өлшеу қателіктері.
2. Мүлт кетулерді баға және ерекшеліктің әдістері.

Өрескел қателер:

логикалығы - атқарылатын өлшемдердің жеткіліксіз түсінуімен шақырған, кішірейтуге және арқасында мұқият әзірлеу және инструктаж жойыла алады.

көрулер - құрал бойынша теріс есептеудің алуымен шақырған, қатемен немесе салақтықпен. Автоматты жазушы аппаратураға өлшемдері және құралдар өткел есебінен жоғалтылады.

мүлт кетулер - өлшемдердегісі шатақпен, арифметикалық қателер шақырған. Оңай мәлім болып тексерудің жанында дұрыстанады.

Әзірлеуге, зейінділік, тәптіштілік және өлшемдердің үстінде тиісті бақылаудың жүзеге асыруының тиісті күйінденің барлық шығар өрескел қателері.

2. График түрінде өңдеудің әдістері

Тәжірибе бітірген, бастапқы деректер және нәтижелердің кестесінің подученысы. Кез келген талдауды алдында графикке алған мәліметтерді пайдалы әкелсін, шамаланған қисықты қолдан өткізу. Сонымен бірге тәуелділіктің физикалық мағынасын қолдануы және қарауға ұмтылуы керек:

- қалай қисық дәлел мәндерінде өзін-өзі ұстайды, жақын нөлдер;
- қалай қисық дәлел үлкен мәндерінде өзін-өзі ұстайды;
- координаталардың өстері қисықты кесіп өтеді;
- координаталардың өстерінің оны тяды тағы сол сияқтылар.

Сонымен бірге күмәнді мәліметтерді әдетте білінеді, формуланың түрімен анықталады.

Келесі ережелер график түрінде тәуелділіктердің құрастыруында қатал сақтауы керек:

– көлденең өс бойынша тәуелсіз айнымалы бөліп шығарып қояды – себеп;

– тік өске тәуелді бөліп шығарып қояды – салдар;

– (x_{\min} - x_{\max}) тәжірибенің өрісінің анықтауы масштаб жолымен сайланады (y_{\min} - y_{\max}) және. Масштаб бос тұру болуы керек, эксперименталді нүктелер қосылуы керек. Масштаб бос тұрумен болады, логарифмдік және жартылай логарифмдік;

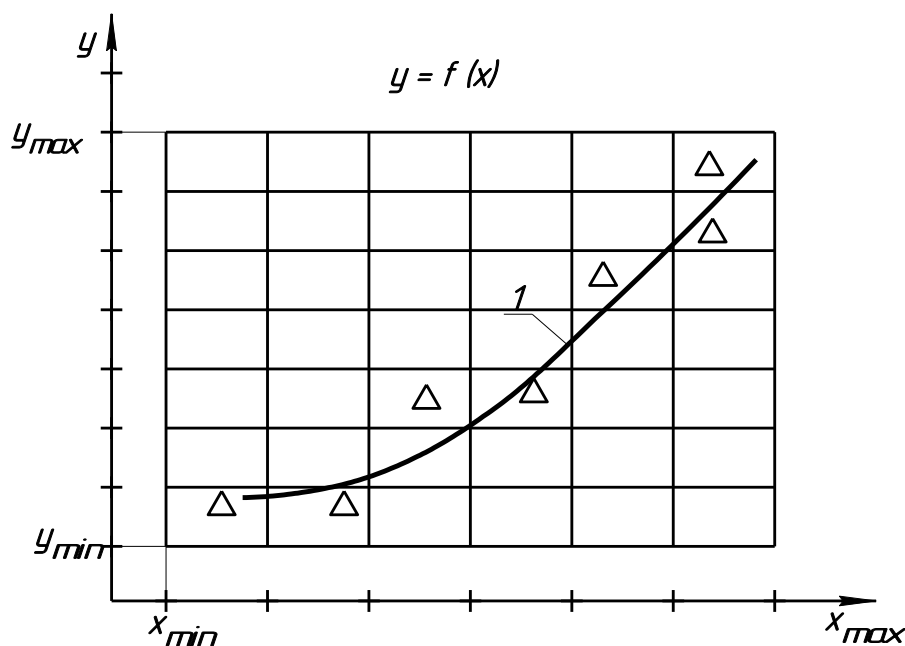
– өстерге келтір өлшем бірліктері. Тордың нәзік келтір сызығын тәжірибесінің өрісіне;

– тиісті нышан белгі соғылған нүктелер келтір тәжірибесінің өрісіне Δ , \square , O және тағы басқалар.;

– байсалды қисықты "ең жақсы" эксперименталді нүктелерден кейін өткізеді. Графикаға төтеден-төте Ломандарды нүктені жалғастырсын мүмкін емес;

– графика қисықтың нөмірлеуі және белгі өндіріп алады.

21.1-ші суреттегі график түрінде көрсет тәуелділігінің мысалы



Сурет 21.1 – Тәжірибенің нәтижелерінің график түрінде тәуелділігі

3. Эмпирикалық тәуелділіктердің алы әдістер

а) ең жақсы түзуді құрастыру сызғыш арқылы

Жұмыстың реті: графикке эксперименталді келтір нүктелері. Эксперименталді нүктелерге жақын жинағы жататын төте мөлдір сызғышқа графикке салып және ол жылжыта өткізеді. Анықта графикасынан және b $a = \frac{y}{x}$ $y = ax + b$. түзу теңдеу.

Тұрақтысы a және b айқын геометриялық мағынасы болады: b – ординаталардың өстеріне түзуді көлбеу бұрышының тангенсі a - Ординаталардың өстері түзу кесіп тасталатын кесінді,- деп.болып табыл) α булы нүктелердің әдісі.

б) Нүктелердің әдісі булы болып табыл

Бір түзуде жуық шамамен жататын n эксперименталді нүктелердің жұп санын графикада сайланады. Нүктелерді нөмірлейді және олардың ішінен булар ұымдасады. Көлбеуді кейбір мәннің бер нүктелері, орташа нүктелер әрбірі пара ең жақсы мән ретінде алады.

в) Топтау әдісі

Бұл әдіс - бір түрі алдыңғы. Мән осындай. Өзгерістің барлық интервалы 3 топта бөлінеді: (I) төменгі, (III) жоғарғы, (II) орташасы. Екі шеткі топтарда эксперименталді нүктеге бір-бірденінің минимум сияқты қалуы керек.

Осы ІІлерді (аралық) орташа топ серпіліді, үшін екі шеткі сома икс және игрек анықталады ($\sum x_I, \sum x_{III}, \sum y_I, \sum y_{III}$), және бұрыштық коэффициент есеп айырысады:

$$a = \frac{\sum y_{III} - \sum y_I}{\sum x_{III} - \sum x_I}.$$

Модельді тұрғызып, оның коэффициенттерінің мәнділігін анықтаған сон және оның адекваттігін (модельдің жәрәмділігін) тексеруде келесі жағдайлар туындауы мүмкін: адекваттікімен және адекваттікі емес бойынша айырмашылығы; модельдің коэффициенттерінің мәнділігі және мәнділігі емес бойынша; оптимумның тұрған жағдайы және т.б. бойынша ақпараттары бойынша.

ТФТ немесе БФТ жоспарлары бойынша алынған сызықты модельді талдаған сон шешім қабылдау жағдайы тек оптимум аймағына жету мақсатымен байланысты. Тәжірибені жоспарлау теориясында оптимум аймағына негізі келесі бір градиентті тәсілмен іске асырады: жиі - тік өрлеу әдісімен.

Тік өрлеу әдісі Д. Бокс пен К Уилсонмен ұсынылған және ол Гаусс-Зейдель, градиентті тәсілдерін және ТФТ (БФТ), немесе, сызықты математикалық модельмен алынғандәсілдерін біріктіреді.

Гаусс-Зейдель әдісімен оптимальді жағдайын анықтағанда, әрбір факторды өзгертіп оптимальді параметрдің жеке оптимумына жетеді. Алдымен бір координаттық бағыты бойындағы оптимумға жетеді, басқа координаттық бағыты бойында басқа фактордың мәнің тіркеп. Кейін анықталған фактордың мәнің тіркеп, басқа фактордың мәнің өзгертеді, оның жеке оптимумына жетілуі іске асырылатын және осылай әрі қарай жалғаса береді.

Градиентті әдіс бойынша оптимизациялауда оптимумға ОП - ның тез өсу немесе кему бағыты бойынша, немесе, градиент бағыты бойынша жүреді:

$$grad y = \frac{\partial y}{\partial x_1} i + \frac{\partial y}{\partial x_2} j + \dots + \frac{\partial y}{\partial x_k} m,$$

мұнда $grad y$ – градиенттің белгілеуі;

$\frac{\partial y}{\partial x_j}$ -j факторы бойынша отклик функциясының меншікті туындысы;

$\bar{i}; \bar{j} \dots \bar{m}$ - факторлық кеңістігінің координаталық остері бойындағы бірлік векторлар;

Сызықты функцияның әрбір ауыспалы мәні бойынша меншікті туындысы сәйкес b_j коэффициентіне тең. Сондықтан:

$$\text{grad } y = b_1 \bar{i} + b_2 \bar{j} + \dots + b_K \bar{m}.$$

Сонда градиент бойынша қозғалу үшін әрбір $\bar{i}; \bar{j} \dots \bar{m}$ остері бойындағы факторлар мәндерін $b_1, b_2 \dots b_K$ коэффициенттеріне олардың таңбаларын ескеріп пропорциональді өзгерту керек, оптимумға градиент бағытында кейбір қабылданған h_j қадамымен жүреді:

$$\text{grad } y = b_1 h_1 + b_2 h_2 + \dots + b_K h_K. \quad (5.1)$$

Бағытты әрбір қадамнан кейін түзетіп отырады.

4. Отклик беті бойымен тік өрлеу

Тік өрлеу әдісінде адымды жүріс тек градиент бойынша іске асырылады, бірақ градиентті тәсілінен айырмашылығы жүру бағыты әрбір қадамнан кейін түзеледі, берілген бағыты бойында ОП жеке оптимумның кейбір нүктесіне жетілген сон емес, Гаусс – Зейдельдің әдісіндегідей. Меншікті экстремум нүктесінде жаңа тәжірибе қойылады, математикалық модель тұрғызылады және қайтадан тік өрлеу іске асырылады. Оптимумға қозғалу барысында аралық ізденіс нәтижелерінің статистикалық анализі жүргізіледі. Ізденіс регрессия теңдеулерінің квадратты әсерлері мәнсіз болғанда тоқтатылады. Бұл оптимум аймағы жетілген екенінің белгісі болып табылады. Әрі қарай оптимум аймағының зерттеуі басталады. Әдістің алгоритмі келесіде:

1. Градиент құраушыларын есептеу. Градиент құраушыларының есептеулері регрессия коэффициенттерінің сәйкес мәнді факторларының өзгеру интервалдарына көбейту арқылы іске асады. Сонда (5.1) теңдеуі келесі түрге келеді:

$$\text{grad } y = b_1 \Delta X_1 + b_2 \Delta X_2 + \dots + b_K \Delta X_K,$$

немесе тік өрлеу h_K қадамы ретінде факторлардың ΔX_K өзгеру интервалдарын қабылдайды.

2. Базалық факторын таңдау. Регрессия коэффициентінің сәйкес мәнді фактордың өзгеру интервалдарына көбейтіндісі максимальді болатын факторын базалық етіп қабылдаймыз:

$$a = \max(b_j \cdot \Delta X_j).$$

3.Тік өрлеу қадамын таңдау. Базалық факторы үшін тік өрлеу h_a қадамын

таңдап қабылдаймыз. Негізі оны технологтардың ұсынысы немесе басқадай априорлы ақпараттар бойынша қабылдаймыз.

4.Градиент құраушыларын қайта есептеу. Мұнда келесі шарт пайдаланады: градиент құраушыларының кез келген оң таңбалы мәнге көбейтіндісі осы градиентте жатқан нүктені береді. Градиент құраушысын базалық фактордың таңдап алынған тік өрлеу қадамы бойынша қайта есептейді:

$$h_j = (b_j \cdot \Delta X_j) h_a / a.$$

b_j коэффициенттерін бұл өрнекте өз таңбаларымен алады, ал h_j қадамын жуықтайды.

5.Шоғырланған локальді оптимумды іздеу. Факторлардың негізгі деңгейіне тізбектеп градиент құраушысын қосады – тік өрлеу факторлар мәндерінің сериясын алады. Оларды кодталған түріне айналдырады, регрессия теңдеулеріне қояды және ОП мәндерін есептейді. Алынған мәндерді «есептелген», «алдын ала айта тың» деп атайды, ал олар алынған тәжірибелерді «ойлы-мысленным» деп атайды. Ойлы тәжірибелерді нақты тексеретін тәжірибелермен тіркестіріп өткізеді. Оларды (нақтылы) бірнеше қадамнан кейін өткізіп отырады. Осы тәжірибелерді өткізу жағдайы шығу параметрлерін алдымен артып, одан кейін азайтатын нүктелерін анықтауына негізделген.

Нақты тәжірибелерді базалық нүктеден градинет бағыты бойында қозғалу басында 2...4 ойлы тәжірибеден кейін қойып отырады, ал кейінгі іске асырылған тәжірибеде бақыланатын ОП мәндерінің өсімшесі алдыңғы жұмыс нүктелеріндегі мәндерінен салыстырмалы азаюында тексеру тәжірибелерін жиі қояды, әрбір қадамда жеке экстремум аймағына жақын. Қозғалуды *grad* у бағыты бойында жеке экстремумына жеткенше дейін жүргізеді.

6. Тік өрлеудің қайталау циклдері. *grad* убастапқы бағытындағы жеке экстремум нүктесін жаңа нөлдік ретінде қабылдайды және екінші тік өрлеу циклін ұйымдастырады, ал талап етілген жағдайда үшінші және тағыда цикл ұйымдастырылады. Жұмыс қозғалуын экстремум аймағына жеткенде тоқтатылады, оның белгісі ТФТ немесе БФТ жоспары бойынша нөлдік нүктесі маңында нәтижелері бойынша есептелген сызықты эффектiсiнiң b_j коэффициенттерінің бағалауының статистикалық мәнділігі емесітігі болып табылады.

Мысалы ТФТ 2^3 нәтижелері бойынша келесі модель тұрғызылды деп қабылдайық, кейбір фармацевтикалық препараттың:

$$y = 23,8 + 1,78X_1 + 10,23X_2 + 9,36X_3,$$

мұнда y – өнімнің шығу мөлшері, %;

X_1 – еріткіштің негізгі затына қатынасы, г/л;

X_2 – реакциянды массаның температурасы, $^{\circ}\text{C}$;

X_3 -реакция уақыты, мин.

Шоғырланған локальді оптимумын анықтауы талап етіледі.

Тік өрлеу нәтижелері 5.1-кестеде келтірілген.

5.1-кесте. Бастапқы берілгендер, 2^3 ТФТ және тік өрлеу нәтижелері

Атауы	Факторлар			2^3 ТФТ нәтижелері	
	X_1	X_2	X_3	Тәжір ибе	ОП
Нөлдік деңгей, X_{j0}	0,7	135	30	1	46,80
Өзгерту интервалы, ΔX_j	0,2	5	15	2	20,47
				3	16,80
B_j коэффициент	1,78	10,23	9,3	4	5,08
$(b_j \cdot \Delta X_j)$ көбейтіндісі	0,356	51,40	140,40	5	24,15
Базалық факторын өзгерткенде қадамы h_a	0,034	5	13,60	6	8,89
				7	16,63
Өзгерту қадамын жуықтау	0,03	5	14,0	8	46,45
тәжірибелер	тік өрлеу нәтижелері			Оптимальдау параметрі	
				\bar{y}_i	Y_i
9	0,73	140	44	44,91	-
10	0,76	145	58	69,09	-
11	0,79	150	72	88,17	66,70
12	0,82	155	86	109,06	-
13	0,85	160	100	-	72,50
14	0,88	165	114	-	68,40

Тік өрлеу №13 тәжірибеде тиімді болды, өйткені шығу жәрәмдігі 72,50 % тең және ТФТ бойынша қойылған тәжірибе арқылы алынған (№1 тәжірибедегі 46,8%) максимальді шығу мәнінен 25,70% көп.

Тік өрлеу сәттілігі отклик беті сипатынан тәуелді және көп жағдайда регрессия коэффициенттерінің санды мәндерінің қатынасымен

анықталынады.

Регрессия коэффициенттерінің айырмашылығы мәнсіз функцияларын осы коэффициенттеріне салыстырмады симметриялы деп атайды. Симметриялы функциясы үшін градиент бойынша қозғалуы тиімді болады. Егер функция симметриялы емес болса, онда градиент бойынша қозғалуы бір факторлы тәжірибеге айналады. Өзгеру интервалын сәтті қабылдап кез келген функцияны симметриялы етіп жасауға болады.

Оптимальді нүктесін анықтаған соң тік өрлеуді аяқталды деуге болады. Бұл жағдайда алдында айтып кеткендей шешім қабылдау керек, осы тік өрлеу тиімділігінен тәуелді. Тік өрлеу тиімділігін ОП шамасы бойынша бағалауға болады. Тік өрлеу тиімді деп санайды, егер ойлы тәжірибелердің іске асыруы матрицадағы ен жақсы нәтижелерімен салыстырғанда жақсартуына әкелетін.

Қабылданған шешімдер нәтижелеріне үлкен әсер оптимум аймағының жағдайы туралы беретін сызықты модельдің адекваттігі (адекваттігі еместігі) береді.

Пайдаланган әдебиеттер тізімі

1. Статистические методы в инженерных исследованиях (лабораторный практикум): Учебн. Пособие / Бородюк В.П., Воцинин А.П., Иванова А.З., и др.: Под ред. Г.К. Круга –М.: высшая школа, 1983.-216с.
2. Талмазан В.А. Методические указания по программированному изучению курса Организация эксперимента.-Алма-Ата: РУМК, 1989-49с.
3. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В., Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий .-М.: Наука, 1975.-279с.
4. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии.-М.: Высшая школа, 1978.-320с.
5. Зедгенидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем.-М.: Наука, 1976.-390с.
6. Бондарь А.Г., Статюха Г.А. Планирование эксперимента в химической технологии (основные положения , примеры и задачи).-Киев : Высшая школа, 1976.-184 с.
7. Горский В.Г., Адлер Ю.П. Планирование промышленных экспериментов.-М.: металлургия , 1974.-264 с.
8. Прудковский Б.А. Зачем металлургу математическая модель.-М.: Наука, 1989.-264с.
9. Цымбал В.П. Математическое моделирование металлургических процессов –М.: Металлургия , 1986,-240с.
10. Дэдиел К. Применение статистики в промышленном эксперименте.-М.: 1979.- 260с
11. Вознесенский В.А., Ковальчук А.Ф. Принятие решений по статистическим моделям .-М.: Статистика , 1978.-192с.
12. Спиридонов А.А., Васильев Н.Г. Планирование эксперимента при исследовании и оптимизации технологических процессов.-

Свердловск:УПИ им С.М. Кирова ,1975.-140с.

13. Винарский М.С.,Жадан В.Т.,Кулак Ю.Е.Математическая статистика в черной металлургии .-Киев :Техника, 1973.-220с.

14. Налимов В.В. Теория эксперимента.М.:Наука ,1971-207с.

15. Хан Г., Шапиро С. Статистические модели в инженерных задачах.- М.:Мир ,1969.-345с.

16. Смирнов Н.В., Дунин –Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений.- М.:Наука,1969.-511 с.

17.Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента.- М.:Металлургия,1969.-157с.

18. Пустыльник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений.-М.:Наука,1968.-288с.

19. Налимов В.В.,Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов .-М.:Наука,1965.-340с.

20. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов.-М.: Машиностроение,1981.-184 с.

21. Новик Ф.С. Математические методы планирования экспериментов в металловедении. Разделы П-У. Изд. МИС иС, 1969-71 г.