

**Е. А. НЫСАНОВ<sup>1</sup>, Ж. С. КЕМЕЛЬБЕКОВА<sup>1\*</sup>, А. Н. ЖИДЕБАЕВА<sup>2</sup>,  
С. Е. КОЖАБАЕВ<sup>1</sup>, А. У. КОРОКБАЕВ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан;

<sup>2</sup>Ә.Қуатбеков атындағы халықтар достығы университеті, Шымкент, Қазақстан

## **МУР ЗАҢЫН ПАЙДАЛАНЫП АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНИКАНЫҢ ДАМУ ҚҰБЫЛЫСЫН КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ СИПАТТАУ**

Микропроцессорларды әзірлеу барысында Intel корпорациясының негізін қалаушылардың бірі Гордон Мур микропроцессор кристалындағы транзисторлардың саны біраз уақыт аралығында екі есе өседі деген болжам айтты. Бұл эмпирикалық заң қарапайым дәрежелік (экспоненциалды) өрнекпен беріледі. Мур заңын нақтылау бір қарағанда техникалық есеп болып көрінуі мүмкін. Бірақ бұл мүлдем олай емес, ол таза техникалық заңдылықтарға қарағанда микроэлектрониканың дамуының әлеуметтік аспектілерін сипаттайды. Сондықтан Мур заңын бағалау әлеуметтанушылар, экономистер және қазіргі заманғы ақпараттық техниканың тарихы мен даму тенденциясына қызығушылық танытатын адамдар үшін үлкен мағынаға ие. Мақалада ақпараттық техниканың даму құбылысын Мур заңы арқылы сипаттау үшін Mathcad компьютерлік математика жүйесі ортасында алғаш рет қолайлы қолданбалы бағдарламалар құрылған. Бұл заңның қаншалықты әділ екенін анықтау үшін 1971 жылы бірінші 4004 микропроцессоры пайда болған сәттен бастап Intel корпорациясының микропроцессорлар кристалындағы транзисторлар санының (мың дана бірлігінде) өсу динамикасы туралы түсінік беретін деректерден пайдаланылған. Деректер Intel корпорациясының процессорларды әзірлеудің отыз жылдық кезеңін қамтиды. Мақалада осы деректер сызықты емес регрессия, сплайндық интерполяция әдістері арқылы өңделіп, Мур заңының қаншалықты дұрыс екендігіне жан-жақты талдау жасалған. Деректердің өзгеру динамикасын сипаттайтын дифференциалдық теңдеулер жүйесі сәйкес шекаралық шарттарда Mathcad компьютерлік математика жүйесі ортасында шешімін тапқан және графикалық түрде бейнеленген. Құрылған қолданбалы бағдарламаларды инженерлік, ғылыми-техникалық есептеулерде кеңінен қолдануға болады.

**Түйін сөздер:** Мур заңы, микропроцессор кристалы, транзистор, регрессия, интерполяция, компьютерлік модельдеу, Mathcad жүйесі.

**Кіріспе.** Мақалада ақпараттық техниканың даму құбылысын Мур заңы [1,2] арқылы сипаттау үшін Mathcad компьютерлік математика жүйесі [3-6] ортасында алғаш рет қолайлы қолданбалы бағдарламалар құрылған. Бұл бағдарламаларда көрнекілік үшін компьютерлік графика кеңінен қолданылған. Құрылған қолданбалы бағдарламаларды инженерлік, ғылыми-техникалық есептеулерде кеңінен қолдануға болады.

Эмпирикалық Мур заңы келесі дәрежелік (экспоненциалды) өрнекпен беріледі:

$$F(y, N, yu) = N - 2 \frac{y}{yu}$$

Бұл жерде  $N$  –  $y$  жылы кристалдағы транзисторлардың саны,  $F(y)$  -  $y$  жылдан кейін кристалдағы транзисторлар саны және  $yu$  - транзисторлар саны екі есе артатын

\* E-mail корреспондирующего автора: kemel\_zhan@mail.ru

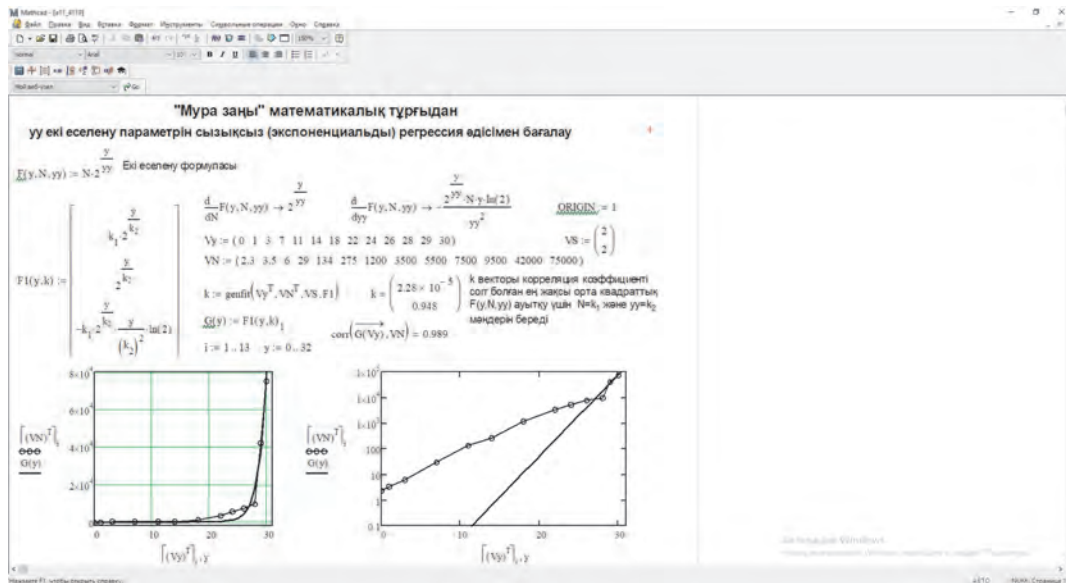
мерзім (жыл және жыл үлесі). Пайдаланылатын деректер Intel корпорациясының процессорларды әзірлеудің отыз жылдық кезеңін қамтиды және жасалған Intel бұйымдарының ішінен тек шағын іріктеуді ғана ұсынады. Бұл деректер төменде 1-кестеде келтірілген. Берілген 1-кестенің деректері таң қаларлық әсер қалдырады. Бірақ олар ұсынылған формулаға қаншалықты сәйкес келеді? Осы сұрақтарға жауап беруге тырысамыз. Өкінішке орай, бұл кестелердің деректері уақыт (жылдар) бойынша біркелкі емес үлестірілген және едәуір дәрежеде кездейсоқ, бұл сызықтық емес регрессияның қарапайым әдістерін және Mathcad жүйесіндегі predict функциясы сияқты сызықтық (ізделінетін параметрлерге қатысты) болжамның қарапайым функцияларын қолдануға кедергі келтіреді. Мұндай түрдегі сызықтық емес регрессия Maple сияқты компьютерлік математиканың шебер жүйелерінде де іске асырылмаған. Бірақ, қуанышымызға орай, Mathcad жүйесінде үлкен есептеу қателіктерін және  $10^{308}$ -ге дейінгі шектік мәні бар сандармен жұмыс істей алатын жүйенің разрядтық торының толып кету мүмкіндігін санамағанда, оны өткізу ешқандай кедергі тудырмайды.

### 1-кесте

Микропроцессор түрі	Транзисторлер саны(мың)	Шығарылған жылы	у параметрі
4004	N0 = 2,3	1971	0
8008	3,5	1972	1
8080	6	1974	3
8088	29	1979	8
286	134	1982	11
386	275	1986	15
486	1200	1989	18
Pentium	3500	1993	22
Pentium PRO	5500	1995	24
Pentium II	7500	1997	26
Pentium III	9500	1999	28
Pentium 4	42000	2000	29
Pentium 4 M	75000	2001	30

**Әдістер мен материалдар.** Сәйкес шекаралық шарттары бар бірінші ретті жай дифференциалдық теңдеулер жүйесін шешу үшін Mathcad ортасының сандық әдісі, ал тәжірибелік деректерді өңдеу үшін оның регрессия, интерполяция әдістері және алынған нәтижелерді графикалық түрде бейнелеу үшін оның графикалық мүмкіндіктері қолданылды.

### Нәтижелер мен оларды талқылау.



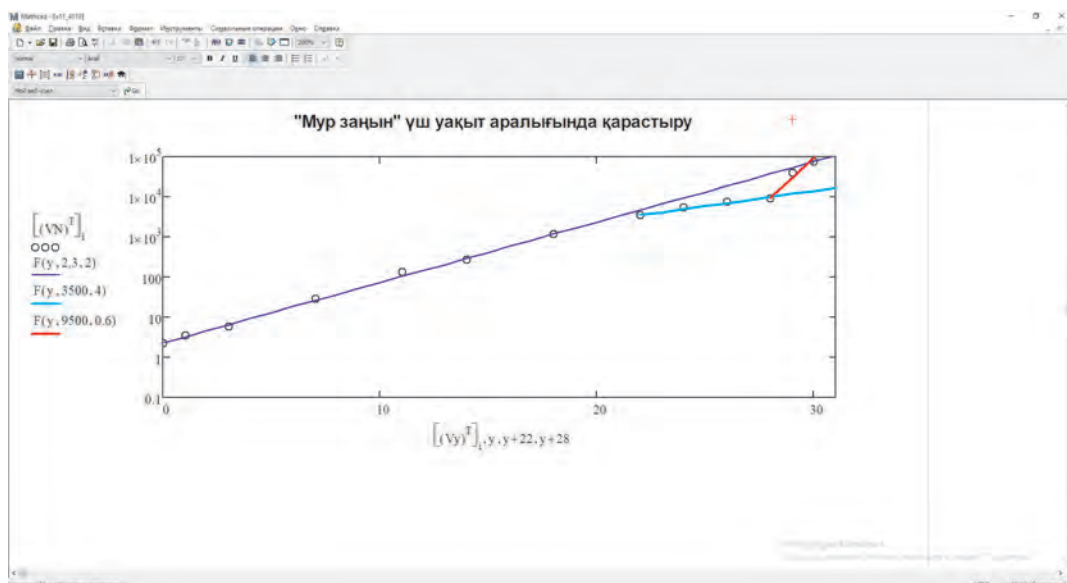
**Сурет 1** – Intel корпорациясының процессоры кристалындағы транзисторлар санының уақыт бойынша артуын сипаттайтын тәуелділік үшін сызықты емес регрессия

1-суретте Мур заңының математикалық иллюстрациясы бар Mathcad жүйесінің бағдарламасы ұсынылған. Бағдарламаның сол жақ жоғары бұрышында Мур заңының формуласы берілген және аналитикалық түрде оның  $N$  және  $уу$  ізделінетін параметрлері бойынша дербес туындылары есептелген. Содан кейін сызықсыз регрессия алгоритмін орындауға қажет функция және оның туындыларынан құралған  $F1$  векторлары, 1971 жылдан бастап өткен жылдар саны  $Vy$ , процессор кристалындағы мың дана бірлігіндегі транзисторлардың саны  $VN$  берілген. Осы деректерді пайдаланатын  $genfit$  функциясы арқылы  $N0$  және  $уу$  параметрлері есептелген. Регрессия дәлдігіне қатты әсер ететін бастапқы шарттар  $VS$  векторымен беріледі және ол параметрлер  $N$  мен  $уу$ -тің бастапқы мәндерін (мың данамен) қамтиды.

Сол жақтағы график транзисторлар санын сызықтық масштабта  $уу$  параметрінің (екі еселену уақыты) функциясы ретінде көрсетеді. Бұл ретте есептеу графигі экспоненциалды түрден аумайды. Ол өткен ғасырдың 90-жылдарынан бастап микропроцессорлардағы транзисторлар санының күрт өсуін көрсетеді. Осы уақытқа дейін графиктегі өзгеріс тым аз. Есептеу графигі логарифмдік масштабта қызықты көрінеді (төменгі оң жақта). Ол түзу сызыққа айналады, оның көлбеуі  $уу$  параметрімен анықталады. Шамамен алғашқы 20 жыл ішінде есептеу графигі мен нақты деректердің нүктелері бойынша құрылған график іс жүзінде параллель жүріп жатыр, бұл осы уақыт бойы Мур заңының әділдігін куәландырады. Көрініп тұрғандай, микропроцессорлардағы транзисторлардың нақты саны есептеу санынан біршама көп. Табылған  $уу$  уақыты 1,769 жылды құрады, яғни транзисторлар санының екі есе өсуі шамамен әр екі жылда болды. Алайда 22 және 28 шартты даму жылдары аралығында (немесе 1993-

1999 жж. аралығында) кристалдағы транзисторлар санының өсу қарқынында айқын тұрақты құлдырау байқала бастады. Ол нақты деректер нүктелерінің біртіндеп төмен ауытқуынан көрініп тұр. Алғашқы 20 жылдан сәл астам уақыт процессорлардың дамуы 4004 процессорынан Pentium-ге дейінгі микропроцессорлар технологиясының эволюциялық даму жолына сәйкес келді. Pentium процессорларының пайда болуына байланысты архитектура мен процессорлардың күрделілігі күрт өсті, атап айтқанда мультимедиа командалары айтарлықтай ұлғайды. Кристалдағы транзисторлар саны бір миллион данадан асты. Нәтижесінде нақты технологияның Мур заңынан елеулі артта қалуы пайда болды. Осы кезеңде оның принципті әділдігіне күмән ерекше күшейді. Бірақ соңғы жылдары Intel корпорациясы жаңа архитектуралы Pentium 4 микропроцессорларын шығаруға көшу арқылы технологияны күрт жетілдіруге қол жеткізді. Сонымен, Мур заңының математикалық талдауы Мур тәуелділігінің әділдігін растайды. Рас, транзисторлар санының уақыт бойынша экспоненциалды өсуі уу параметріне өте сезімтал екенін атап өту керек. Бір жылдан екі жылға дейінгі оның жуық мәндері қате есептеулерге әкеледі. Иә, мұндай тәуелділік үшін сызықтық емес регрессия процедурасы машиналық есептеулердің қателіктеріне өте сезімтал. Бұған бастапқы деректер немесе  $N$  мен  $u$  параметрлерінің бастапқы мәндерін аздап өзгерту арқылы көз жеткізу қиын емес. Бірге жақын корреляция коэффициенті  $\text{corr} = 0.955$ ,  $N_0$  мен  $u$ -тің алынған мәндерінде тәуелділік бастапқы деректер жұптарына біршама сәйкес келетінін көрсетеді. Сызықтық емес регрессияның өзіне тән ерекшелігі бастапқы есептеу аймағындағы үлкен қателік, яғни алғашқы жылдардағы есептелген  $N$  параметр мен алғашқы микропроцессорлардың кристалдарындағы транзисторлар санының нақты мәні арасындағы күрт айырмашылық болып табылады.

Бұл жетіспеушілікті келесі жолмен жоюға болады - логарифмдік масштабта түзу сызық графигінің сол жақ нүктесі ретінде бастапқы деректердің бірінші нүктесін алып, түзу сызықтың еңістігін бастапқы нүктелер жиынтығындағы ең жақсы позиция бойынша таңдау қажет. Бірінші 4004 микропроцессордың транзисторларының санының нөлдік жылы ретінде 1971 жылды және  $N_0 = 2,3$  мыңды ескере отырып, біз Mathcad [7-9] көмегімен процессорлар дамуының алғашқы жылдарындағы мәліметтерге сәйкес келетін логарифмдік түзуді таңдауға тырысамыз және ол  $(0, N_0)$  нүктеден басталады. Нәтижесі 2-суретте тұтас жіңішке сызықпен берілген. Процессорлар атауы графикалық редактордың көмегімен қойылған. Нәтиже таңқаларлық. 22 жыл ішінде транзисторлардың саны әр  $u = 2$  жылда екі есе артты. Бұл жағдайда бастапқы нүктелер оларды көрсететін тәуелділікке шамамен сәйкес келеді. Осылайша, Intel мамандары жасаған Мур заңын түзету өте орынды және нақты болды. Алайда, Pentium класты процессорлардың пайда болуымен Мурдың түзетілген заңының өзі өрескел бұзылды. Осы кезеңнен кейінгі транзисторлар санының өсу шындығын жақсы түсіну үшін түзу сызықты таңдауға тырысайық, тірек нүктесі етіп Pentium процессорлары шыға бастаған уақытты, яғни  $(22, 1200)$  деп аламыз. Екі еселену уақыты екі есе артып,  $u = 4$  жылды құрады. Бұл микропроцессорлардың және олардың технологиясының дамуындағы дағдарыс жағдайының дәлелі болды. Бұл қандай-да бір дәрежеде Intel-дің келесі буын процессорларының жаңа атауларынан бас тартуын негіздейді - өздеріңіз білетіндей Pentium II және III бесінші ұрпақтың Pentium процессорларының керемет атауына деген көзқарасты сақтайды, бұл Мур заңында бұрылыс болды.

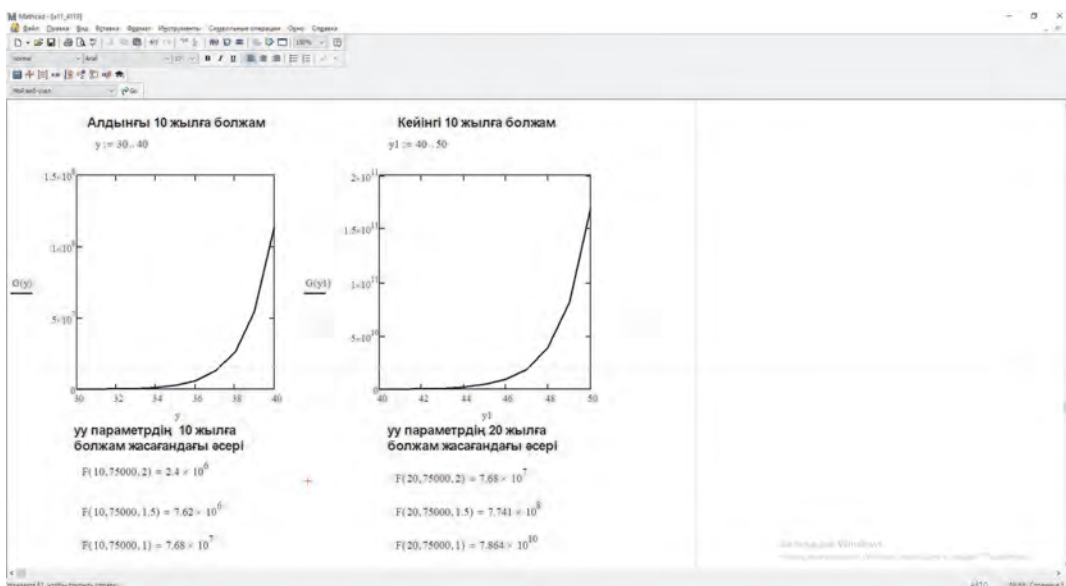


Сурет 2 – Мур заңын логарифмдік масштабта түзудің кесінділері ретінде көрсету нәтижесі

Алайда, өздеріңіз білетіндей, өнеркәсіптегі құлдырау кезеңі әрдайым күрт көтерілу кезеңімен, ал одан әрі құлдырау кезеңімен ауысып тұрады. 1999 жылы Pentium III процессорын шығарудан Pentium 4 процессорын шығаруға өтуге байланысты транзисторлар санының уақыт бойынша өсу графигі (28, 9500) нүктеден бастап күрт жоғарылады. Бұл, әрине, процессорлардың күрделігіне, Интернетті қолдаудың жаңа командаларының пайда болуына байланысты. Өсудің екі еселенген уақыты 0,6 жылға, яғни рекордтық төмен мәнге дейін қысқарды, бірақ оны бағалау 1999 жылдан кейінгі деректерді іріктеу мөлшерінің аздығына байланысты математикалық тұрғыдан өте сенімді емес - бар болғаны 3 нүкте.

Жалпы алғанда, микропроцессорды дамытудың бүкіл отыз жылдық кезеңінде уу параметрін орта есеппен алғанда, сызықтық емес регрессия деректері өте дұрыс деп тануға болады. Біз Intel сарапшыларына ілесіп, Мур заңына негізделген микросхемалар кристалындағы транзисторлар санының өсуін болжауға тырысамыз. Бұл 3-суретте бірінші онжылдықта (сол жақтағы сурет) және келесі онжылдықта (оң жақтағы сурет) көрсетілген. Алғашқы он жылға болжам біршама нақты көрініс береді. Микропроцессорлардың микросхемаларында 3 миллиардқа дейін транзистор болуы мүмкін деп күтуге болады. Келесі онжылдықтағы болжам шындыққа қарағанда фантастика болып көрінеді. Соған қарағанда, 2020 жылға қарай кристалдағы транзисторлардың саны шамамен 140 миллиардқа жетеді! Өкінішке орай, мұндай болжамға күмәнданудың себептері жеткілікті. Математикалық тұрғыдан алғанда, олар Мур заңының екі есе өсу уақыты уу параметріне қатысты туындайды. 3-суреттің төменгі жағында Мур заңының формуласы бойынша 10 және 20 жылдық болжау кезеңдерінің соңында әр түрлі  $y = 1; 1,5$  және 2 жылға есептелген мысалдар келтірілген. Бағалаудағы сәйкессіздік сәйкесінше шамамен 32 және 1000 еседен

асады! Бұл жағдайда болжамның дәлдігіне кепілдік берілмейді, ал Мур заңының тұжырымдары өте сақтықпен қолданылуы керек. Сонымен, Мур заңының тоқырау себебі-жүйелер дискретіден таратылған жүйелерге айналуы мүмкін. Нәтижесінде, өте қуатты жалғыз процессорларға қажеттілік жоғалады, ал Мур заңы математикалық мағынада нақтыдан едәуір өзгеше саннан сапаға ауысу туралы басқа заңға бағынуға мәжбүр болады. 2003 жылдың көктемінде Гордон Мурдың өзі оның заңын әрі қарай түзету қажет екенін мойындады. Атап айтқанда, мұндай түзету жаңа технологиялардың дамуына байланысты микросхемалар, атап айтқанда қысқа толқын ұзындығындағы рентген сәулелерін қолданатын электронды-ионды технологиялар өндірісінде қажет. Осы тәуелділікке қатысты болжамдар да сол жерде сипатталған.

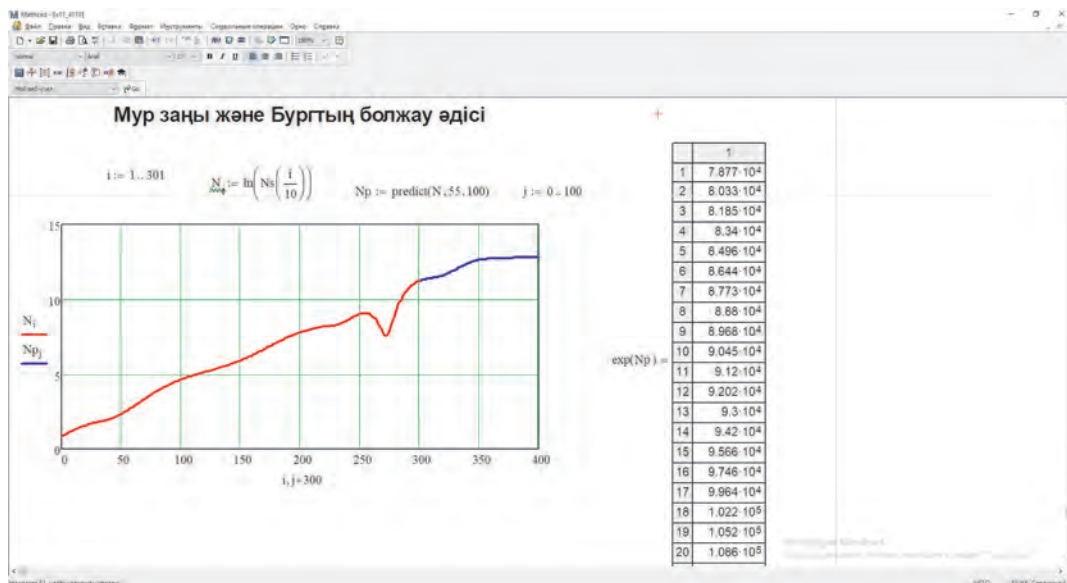


**Сурет 3** – Сызықты емес регрессия деректері бойынша сәйкес бірінші және келесі он жылдағы микросхема кристалындағы транзисторлар санының өсуін болжау

Біз Мур заңына сәйкес деректердің болжамын жақсартуға тырысамыз және ол үшін өзін жақсы жағынан көрсеткен авторегрессиялық Бург әдісін қолдануға тырысып көреміз. Мұны жасау үшін деректерді алдын-ала сплайндармен интерполяциялап алу мүмкін. Мұнда жоғарыда келтірілген кестедегі деректер үш типті - сызықтық, квадраттық және кубтық сплайндардың жалғасымен интерполяцияланған. Тамашасы сол, интерполяциялау кесіндісінің ішінде оның қисық сызықтары бірігіп кетеді, яғни интерполяцияны сплайндардың кез келген типімен жүргізу мүмкін. Бұл табиғи нәрсе, өйткені кубтық сплайндар әрдайым интерполяция үшін қолданылады және тек олардың жалғасы ғана әртүрлі болуы мүмкін.

Осыған байланысты біз сплайндық интерполяцияны тек тең аралықтағы түйін нүктелері түріндегі деректер үшін авторегрессиялық Бург әдісін орындайтын predict функциясын [10-12] қолдану арқылы қажет нүктелер санын көбейтуде пайдаланамыз. 4-суретте осы біріктірілген әдіспен алынған болжамның қорытынды

графикалық тәуелділігі берілген. Бұл жағдайда болжам деректері өте қызықты. Мур заңы кем дегенде тағы 6-7 жыл бойы күшінде болатындығын көруге болады, бірақ осыдан кейін транзисторлар санының көбеюі тоқтайды. Бұл жағдайда кристалдағы транзисторлардың максималды саны 420 миллионға жетеді.



Сурет 4 – Бург болжау әдісімен Мур заңын болжау бағдарламасының нәтижесі

**Қорытынды.** Ақпараттық техниканың даму құбылысын Мур заңы арқылы сипаттау үшін Mathcad компьютерлік математика жүйесі ортасында алғаш рет қолайлы қолданбалы бағдарламалар құрылған. Бұл заңның қаншалықты әділ екенін анықтау үшін 1971 жылы бірінші 4004 микропроцессоры пайда болған сәттен бастап Intel корпорациясының микропроцессорлар кристалындағы транзисторлар санының (мың дана бірлігінде) өсу динамикасы туралы түсінік беретін деректерден пайдаланылған. Деректер Intel корпорациясының процессорларды әзірлеудің отыз жылдық кезеңін қамтиды. Мақалада осы деректер сызықты емес регрессия, сплайндық интерполяция әдістері арқылы өңделіп, Мур заңының қаншалықты дұрыс екендігіне жан- жақты талдау жасалған. Деректердің өзгеру динамикасын сипаттайтын дифференциалдық теңдеулер жүйесі сәйкес шекаралық шарттарда Mathcad компьютерлік математика жүйесі ортасында шешімін тапқан және графикалық түрде бейнеленген. Құрылған қолданбалы бағдарламаларды инженерлік, ғылыми-техникалық есептеулерде кеңінен қолдануға болады.

## ӘДЕБИЕТ

- 1 Скоробов А. «Закон Мура» // Сайт математико-механического факультета УрГУ, 2005.
- 2 Цветков В.Я. Закон Мура и другие // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. -2017.-№1, часть2.-С.370-372

- 3 Дьяконов В. Компьютерная математика. Теория и практика. -М: Горячая линия - Телеком, 2001. - 115с. ISBN:5-89251-065-4
- 4 Ракин В.И. Руководство по методам вычислений и приложения Mathcad. –М.: Физматлит, 2005. - 264 с. ISBN 5-9221-0636-8
- 5 Макаров Е. Инженерные расчеты в Mathcad 15. Учебный курс. - СПб. : Питер, 2011. - 448 с. ISBN: 978-5-459-00357-4
- 6 Brent Maxfield. (2006). *Engineering with Mathcad: Using Mathcad to Create and Organize your Engineering Calculations*. Butterworth-Heinemann. ISBN: 9780080466941
- 7 Охорзин, В. А. Компьютерное моделирование в системе Mathcad / В.А. Охорзин. - М.: Финансы и статистика, 2006. - 144 с. ISBN 5-279-03037-6.
- 8 Philip Pritchard. (2008). *Mathcad: A Tool for Engineering Problem Solving*. McGraw-Hill Companies, Incorporated. ISBN: 9780073191850
- 9 Охорзин, В. А. Прикладная математика в системе Mathcad / В.А. Охорзин. - М.: Лань, 2008. -352с. ISBN: 978-5-8114-0814-6
- 10 Maxfield B. (2009). *Essential Mathcad for Engineering, Science, and Math ISE*. ISBN: 9780123748461
- 11 Maxfield B. (2013). *Essential Ptc(r) MathCAD Prime(r) 3.0: A Guide for New and Current Users*. Academic Press. ISBN: 9780124104105
- 12 David Randolph, Martin II. (2020). *Engineering Calculations with Creo Parametric and PTC Mathcad Prime*. Independently published . ISBN: 979-8649196673

## REFERENCES

- 1 Skorobov A. "Moore's Law" // Website of the Faculty of Mathematics and Mechanics of the Ural State University, 2005
- 2 Tsvetkov V.Ya. Moore's law and others // International Journal of Applied and Fundamental Research.-2017.-№1, part2.-p.370-372
- 3 Dyakonov V. Computer Mathematics. Theory and practice. -M: Hotline - Telecom, 2001.- 115s. ISBN:5-89251-065-4
- 4 Rakitin V.I. Guide to Calculation Methods and Mathcad Applications. –М.: Fizmatlit, 2005.- 264 p. ISBN 5-9221-0636-8
- 5 Makarov E. Engineering calculations in Mathcad 15. Training course. - St. Petersburg. : Peter, 2011. - 448 p. ISBN: 978-5-459-00357-4
- 6 Brent Maxfield (2006). *Engineering with Mathcad: Using Mathcad to Create and Organize your Engineering Calculations*. Butterworth-Heinemann. ISBN: 9780080466941
- 7 Okhorzin, V.A. Computer modeling in the Mathcad system / V.A. Okhorzin. - М.: Finance and statistics, 2006. - 144 p. ISBN 5-279-03037-6.
- 8 Philip Pritchard. (2008). *Mathcad: A Tool for Engineering Problem Solving*. McGraw Hill Companies, Incorporated. ISBN: 9780073191850
- 9 Okhorzin, V.A. Applied mathematics in the Mathcad system / V.A. Okhorzin. - М.: Lan, 2008. -352с. ISBN: 978-5-8114-0814-6
- 10 Maxfield B. (2009). *Essential Mathcad for Engineering, Science, and Math ISE*. ISBN: 9780123748461
- 11 Maxfield B. (2013). *Essential Ptc(r) MathCAD Prime(r) 3.0: A Guide for New and Current Users*. Academic Press. ISBN: 9780124104105
- 12 David Randolph, Martin II. (2020). *Engineering Calculations with Creo Parametric and PTC Mathcad Prime*. Independently published . ISBN: 979-8649196673



**Е. А. НЫСАНОВ<sup>1</sup>, Ж. С. КЕМЕЛЬБЕКОВА<sup>1</sup>, А. Н. ЖИДЕБАЕВА<sup>2</sup>,  
С. Е. КОЖАБАЕВ<sup>1</sup>, А. У. КОРОКБАЕВ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан;

<sup>2</sup>Университет дружбы народов имени А.Кватбекова, Шымкент, Казахстан

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПИСАНИЕ ЯВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАКОНА МУРА**

*Во время разработки микропроцессоров Гордон Мур один из основателей корпорации Intel предсказал, что количество транзисторов в микросхеме микропроцессора со временем удвоится. Этот эмпирический закон задается простым степенным (экспоненциальным) выражением. Уточнение закона Мура на первый взгляд может показаться технической задачей. Но это совсем не так, он описывает социальные аспекты развития микроэлектроники, а не чисто технические законы. Поэтому оценка закона Мура представляет большой интерес для социологов, экономистов и людей, интересующихся историей и тенденциями развития современных информационных технологий. В статье для описания явления развития информационной техники с помощью закона Мура впервые были разработаны эффективные прикладные программы в среде системы компьютерной математики Mathcad. Для того, чтобы определить, насколько справедлив этот закон, мы использовали данные, дающие представление о динамике роста количества транзисторов (в тысячах штук) на микропроцессорном кристалле корпорации Intel с момента появления первого микропроцессора 4004 в 1971 г. Данные охватывают три десятилетия разработки процессоров Intel Corporation. Эти данные обработаны методами нелинейной регрессии и сплайн-интерполяции. На основе этих обработок сделан всесторонний анализ того, насколько корректен закон Мура. Система дифференциальных уравнений, описывающая динамику изменения данных решена и графически отображена в среде системы компьютерной математики Mathcad при соответствующих граничных условиях. Разработанные прикладные программы могут быть широко использованы в инженерных, научных и технических расчетах.*

**Ключевые слова:** закон Мура, микропроцессорный кристалл, транзистор, регрессия, интерполяция, компьютерное моделирование, система Mathcad.

**E. A. NYSANOV<sup>1</sup>, ZH. S. KEMELBEKOVA<sup>1</sup>, A. N. ZHIDEBAYEVA<sup>2</sup>,  
S. E. KOZHABAEV<sup>1</sup>, A. U. KOROKBAEV<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>South Kazakhstan University named M.Auezov, Shymkent, Kazakhstan;

<sup>2</sup>University of Peoples' Friendship named A.Kuatbekov, Shymkent, Kazakhstan

## **COMPUTER SIMULATION AND DESCRIPTION OF THE PHENOMENON OF THE DEVELOPMENT OF INFORMATION TECHNOLOGY USING MOORE'S LAW**

*During the development of microprocessors, Gordon Moore, one of the founders of Intel Corporation, predicted that the number of transistors in a microprocessor chip would eventually double. This empirical law is given by a simple power (exponential) expression. Refinement of Moore's law at first glance may seem like a technical problem. But this is not at all the case, he describes the social aspects of the development of microelectronics, and not purely technical laws. Therefore, the assessment of Moore's law is of great*

*interest to sociologists, economists and people interested in the history and development trends of modern information technologies. In the article, for the first time, effective application programs were developed in the environment of the computer mathematics system Mathcad to describe the phenomenon of the development of information technology using Moore's law. In order to determine how true this law is, we used data that gives an idea of the growth dynamics of the number of transistors (in thousands) on an Intel microprocessor chip since the introduction of the first 4004 microprocessor in 1971. The data covers three decades of development of Intel Corporation processors. These data were processed by non-linear regression and spline interpolation methods. Based on these treatments, a comprehensive analysis of how correct Moore's law is is made. The system of differential equations describing the dynamics of data changes is solved and graphically displayed in the environment of the Mathcad computer mathematics system under appropriate boundary conditions. The developed application programs can be widely used in engineering, scientific and technical calculations.*

**Key words:** *Moore's law, microprocessor crystal, transistor, regression, interpolation, computer simulation, Mathcad system.*