Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 124 Системний аналіз

на тему: «Моделі інноваційних процесів на базі S-кривих»

Виконав:
Студент VI курсу, групи КА-81 мп
Гурін Богдан Михайлович

Керівник:
професор кафедри ММСА,
д.ф.м.н., Лопатін О.К.

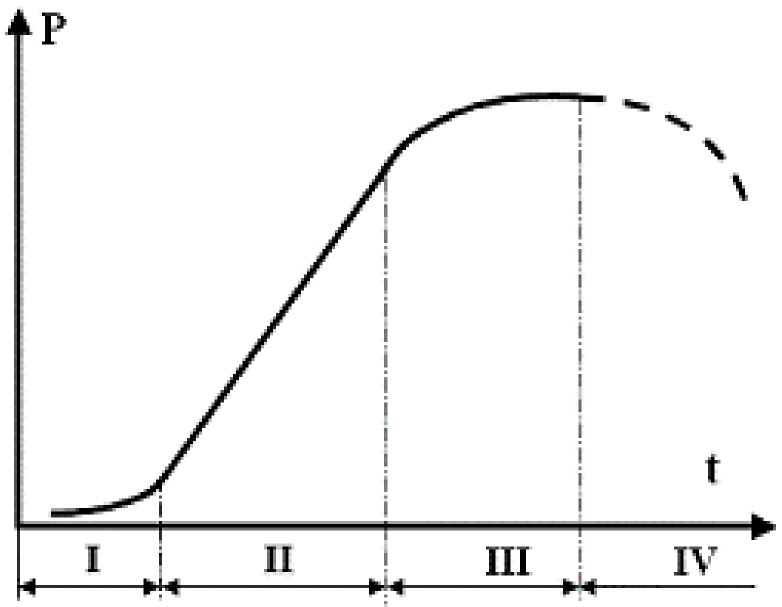
Аналіз S-кривої розвитку, як інструмент опису та прогнозування розвитку технічних систем

Аналіз S-кривої розвитку, як інструмент опису та прогнозування розвитку технічних систем (ТС), широко поширений в науково-технічному прогнозуванні.

Метод виглядає простим, інтуїтивно зрозумілим, нарешті, просто красивим.

Рис.1

Класична S-крива, де:



Ділянка I - "зародження" системи (поява ідеї і дослідних зразків);
Ділянка II - промислове виготовлення системи і допрацьовування системи;
Ділянка III - незначне "дотискування" системи, основні параметри системи вже не змінюються,
Ділянка IV - погіршення певних параметрів системи.

Класична S-крива - далеко не єдиний вид еволюційних кривих.

Стрибкоподібний розвиток систем – це перехід на новий принцип дії:

Такий підхід більш описується варіантами "перехід на нову S-криву" і " крива що огинає “:

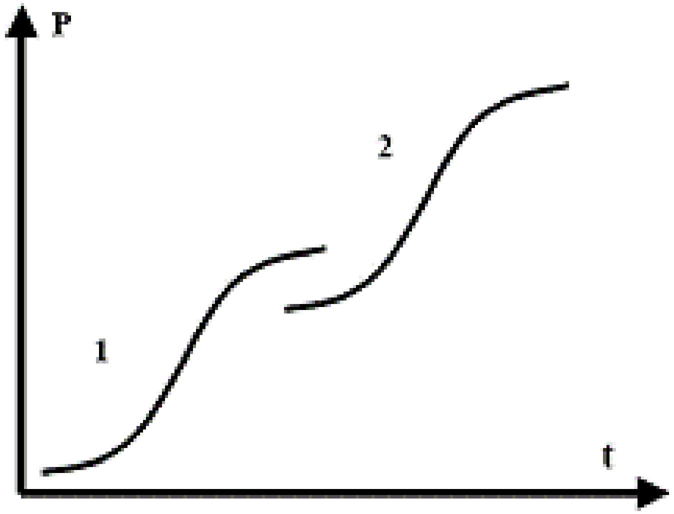


Рис.2

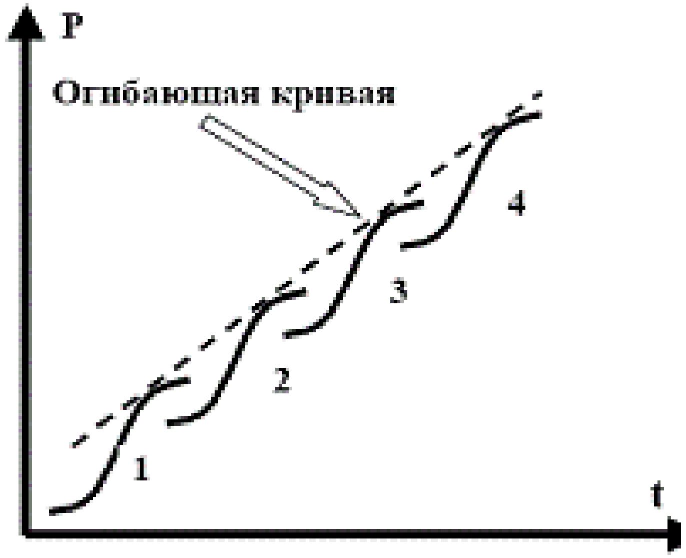


Рис.3

Динаміка комп'ютерних технологій і перенесення ринкової вартості з платформи IBM + DEC на Microsoft+Intel

Приклад 1

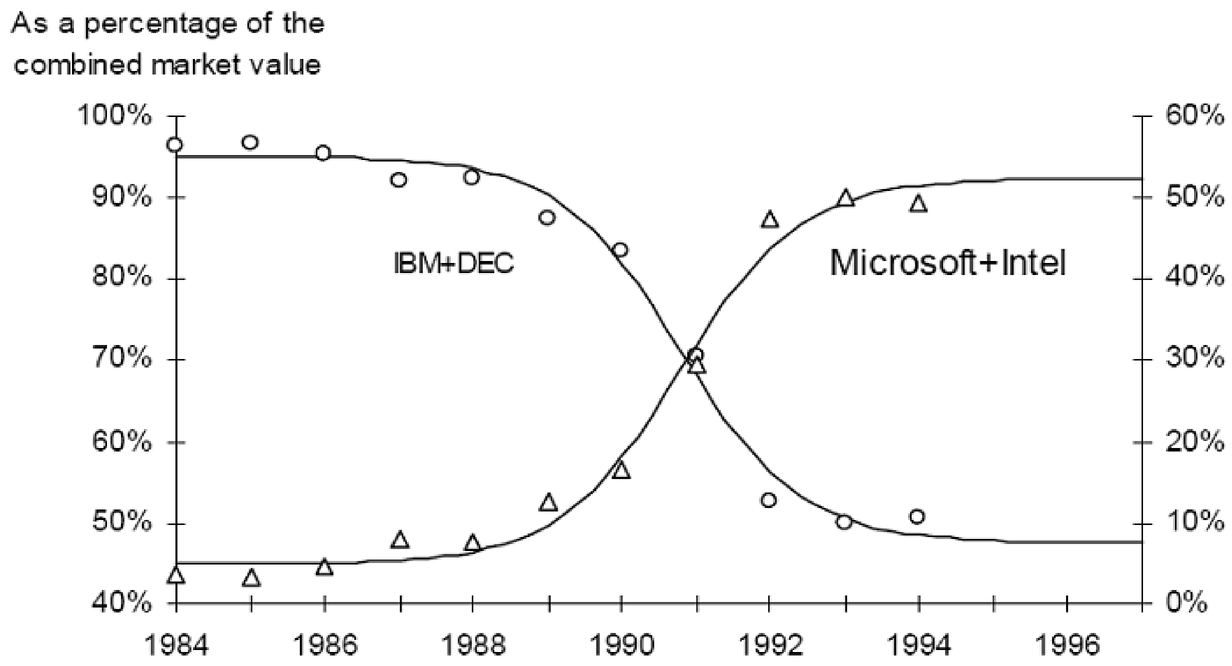


Рис.4 - Конкуренція двох технологій

Динаміка ефективності первинних джерел енергії

Приклад 2

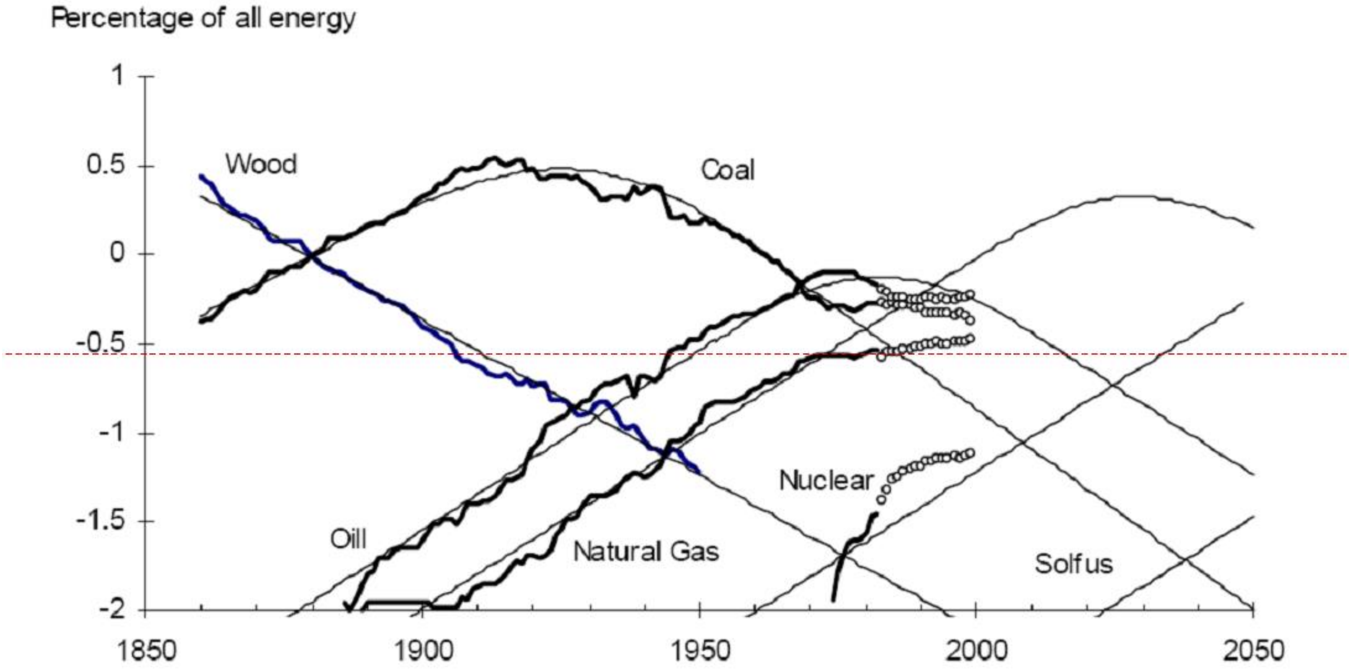


Рис.5 - Конкуренція між первинними джерелами енергії

S-образна (логістична) крива розвитку реактивної авіаційної техніки

Приклад 3

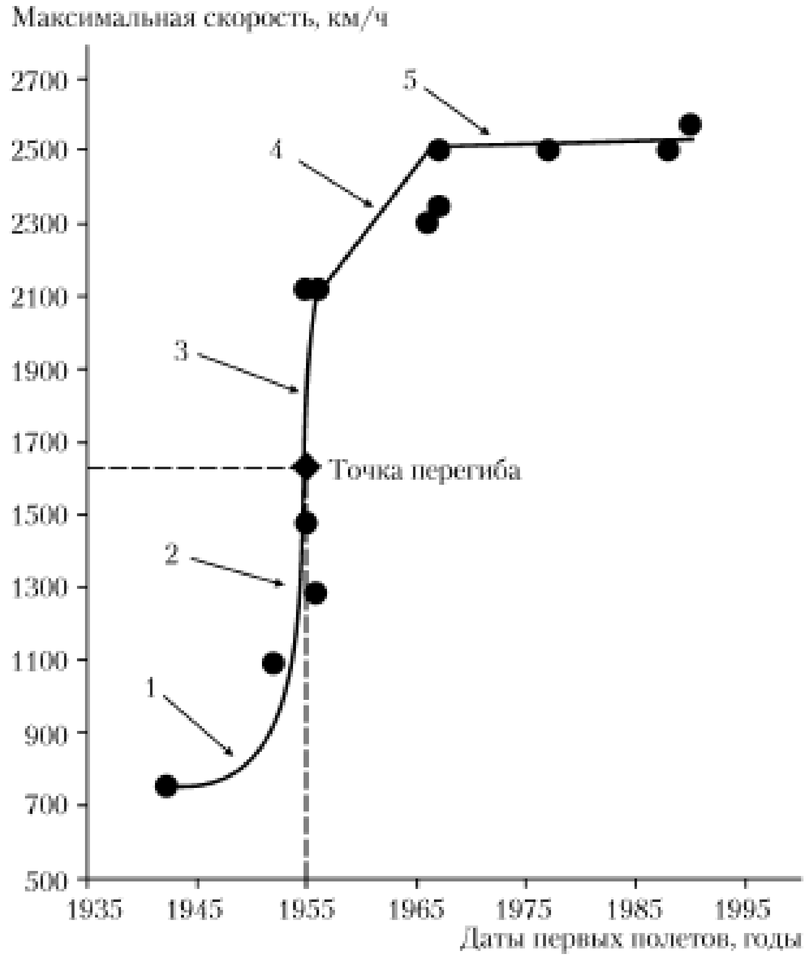


Рис. 6

Задачі, що вирішуються у дисертації:

- Вибір S- кривої
- Прогнозування основного параметру

Таблиця 1.

t	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	
N	3	27	76	134	201	272	357	449	604	
10	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
684	829	1027	1222	1459	1768	2070	2275	2688	3002	3380
21	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**
3832	4166	4405	4655	4794	5049	5118	5138	5168	5186	5186
32	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**				
5186	5186	5186	5186	5186	5186	5186				

Історичні дані про попит продуктів з коротким життєвим циклом

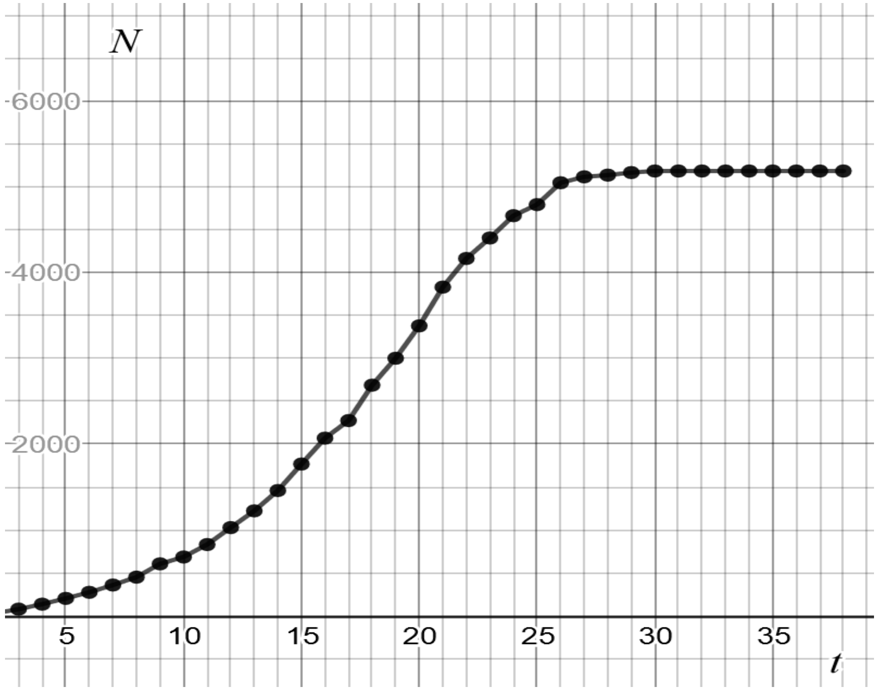


Рис. 7 -графік N-t в графічному редакторі Desmos

Вхідні дані

Виберемо дві S- функції в якості можлтвої аппроксіації заданої кривої:

- *Логістична функція: N = a / (1 + exp(b - g * t))*
- *Функція Річардса: N = A0 / ((1 + A1 * exp(-a * (t - 3,1))) ^ 3)*

Застосовуємо нелінійний метод найменших квадратів. Він чутливий до вибору початкових умов. Є кілька методів вибору початкових умов.

Мій підхід: введення логістичної функції у пограму Desmos з довільними параметрами. Далі вручну підбираємо параметри.

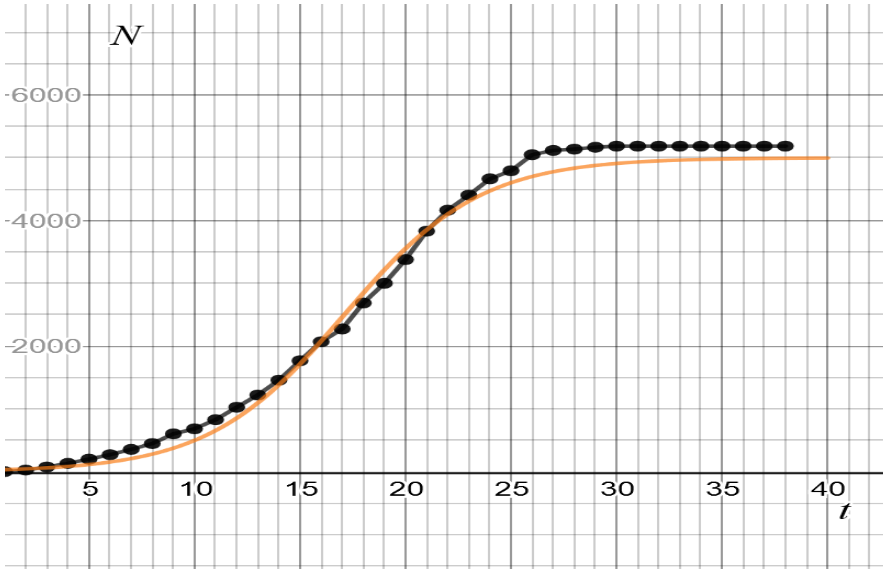


Рис.8

Підбір параметрів логістичної ф-ції у Desmos:
$a = 5000; b = 5.3;\ \ g = 0.31.$

Аналогічно були підібрані параметри для кривої Річардса:
$\mathrm{A0} = 5390; \mathrm{A1} = 5.5;\ \ a = 0.21.$

Результати ідентифікації параметрів логістичної функції та статистичного аналізу результатів

Статистичний аналіз

Nonlinear Regression: N = a / (1 + exp(b – g * t))

Method

Algorithm	Gauss-Newton
Max iterations	200
Tolerance	0,00001

Starting Values for Parameters

Parameter	Value
a	5000
b	5,3
g	0,31

Equation

N = 5322,59 / (1 + exp(4,81392 – 0,273667 * t))

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	SE Estimate
a	5322,59	34,6501
b	4,81	0,1147
g	0,27	0,0069

N = a / (1 + exp(b – g * t))

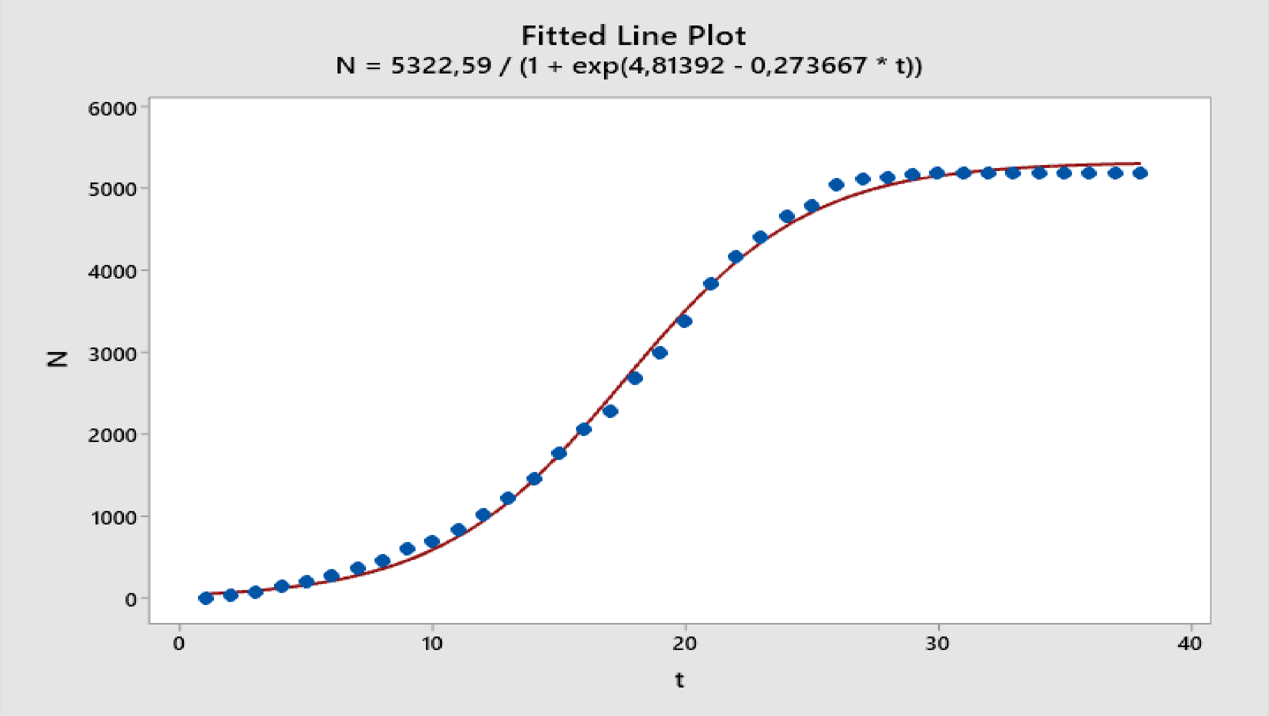


Рис.9 Апроксимація вхідних даних за допомогою логістичної функції

Результати ідентифікації параметрів функції Річардса та статистичного аналізу результатів

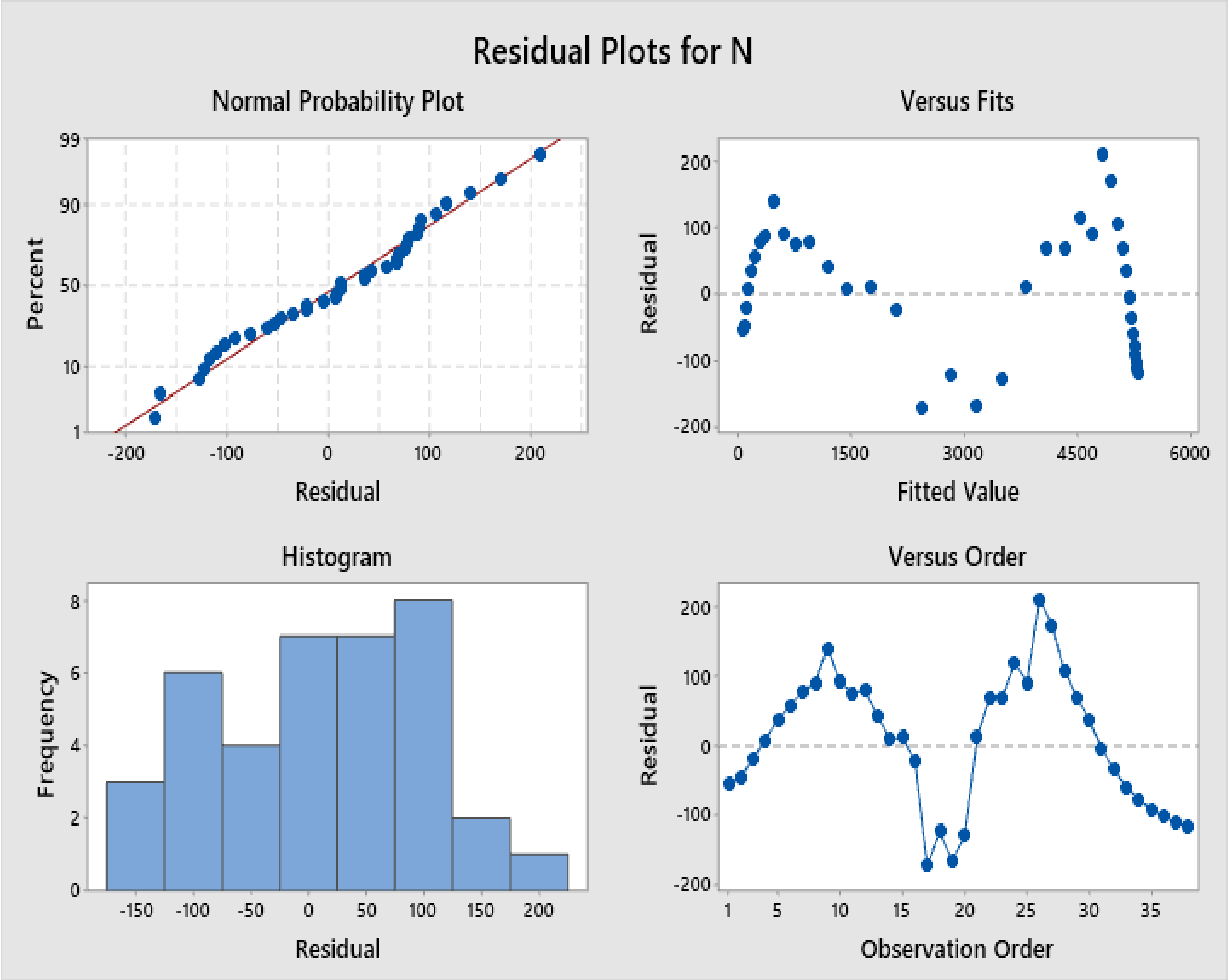


Рис.10 Аналіз залишків для логістичної функції

Статистичний аналіз

Nonlinear Regression: N = A0 / ((1 + A1 * exp(-a * (t - 3,1))) ^ 3)

Method

Algorithm	Gauss-Newton
Max iterations	200
Tolerance	0,00001

Starting Values for Parameters

Parameter	Value
A0	5390
A1	5,5
a	0,21

Equation

N = 5443,19 / ((1 + 4,87848 * exp(-0,20356 * (t - 3,1))) ^ 3)

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	SE Estimate
A0	5443,19	67,7635
A1	4,88	0,5510
a	0,20	0,0091

N = A0 / ((1 + A1 * exp(-a * (t - 3,1))) ^ 3)

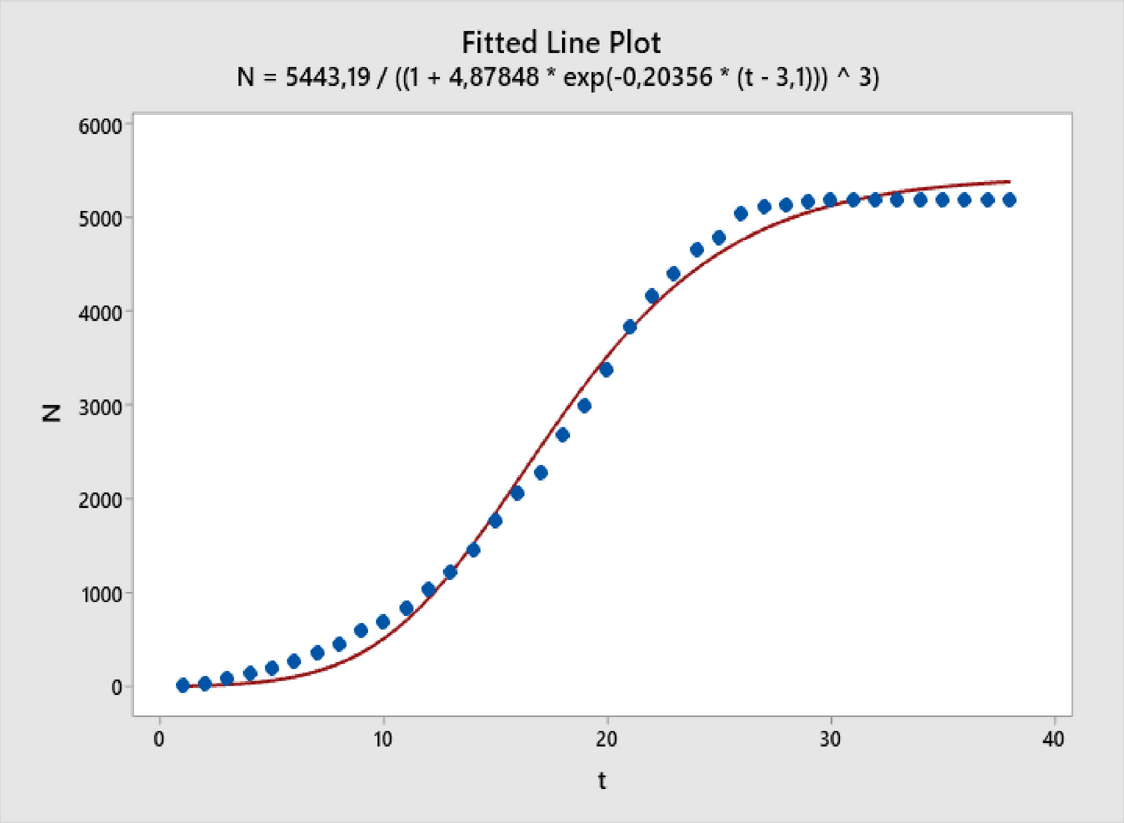


Рис.11 Апроксимація вхідних даних за допомогою функції Річардса

Висновок:

Таблиця 2

Parameter	Estimate	SE Estimate
a	5322,59	34,6501
b	4,81	0,1147
g	0,27	0,0069

Таблиця 3

Parameter	Estimate	SE Estimate
A0	5443,19	67,7635
A1	4,88	0,5510
a	0,20	0,0091

N = a / (1 + exp(b – g * t))

N = A0 / ((1 + A1 * exp(-a * (t - 3,1))) ^ 3)

З таблиць 2 і 3 видно, що перевагу треба віддати апроксимації за допомогою логістичної кривої.

Прогнозування головного параметра на основі моделі Бааса

На даних попиту продуктів з коротким життєвим циклом

(Таблиця 1, 8 слайд)

Алгоритм побудови прогнозу за неповними даними.

1 Крок. Передбачається, що на першому етапі нам відомі дані за період 1-10.

Будуємо графік N-t S-фугкції Басса графічному редакторі Desmos. m=2500,p=0.01.q=0.25

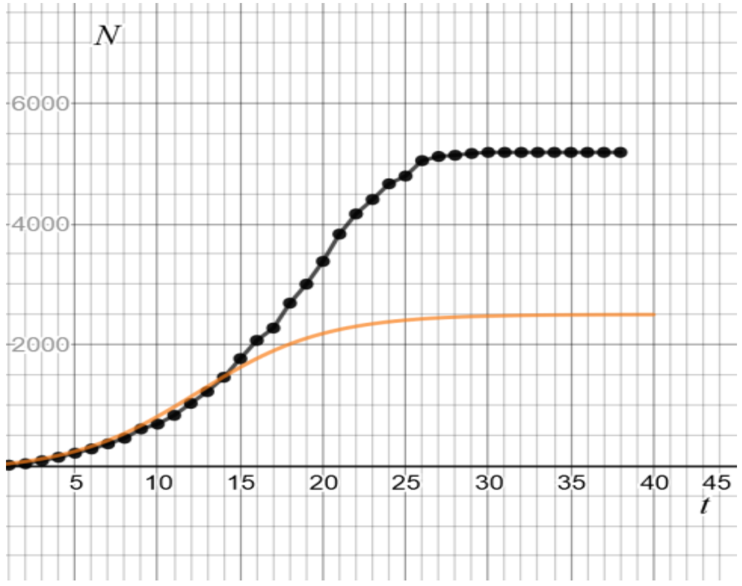


Рис.12 Підбір параметрів S-функції Басса вручну в редакторі Десмос

2 Крок. Проводимо ідентифікацію параметрів нелінійним методом найменших квадратів (n=10).

Nonlinear Regression: N12 = m * (1 - EXP(-(p + q) * t12)) / (1 + ...

Method

Algorithm	Gauss-Newton
Max iterations	200
Tolerance	0,00001

Starting Values for Parameters

Parameter	Value
m	2500
p	0,001
q	0,25

Equation

N12 = 2392,65 * (1 - EXP(-(0,00850623 + 0,255099) * t12)) / (1 + (0,255099 / 0,00850623) * EXP(-(0,00850623 + 0,255099) * t12))

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	SE Estimate
m	2392,65	816,354
p	0,01	0,002
q	0,26	0,040

N12 = m * (1 - EXP(-(p + q) * t12)) / (1 + (q / p) * EXP(-(p + q) * t12))

На загальному графіку цей результат виглядає наступним чином

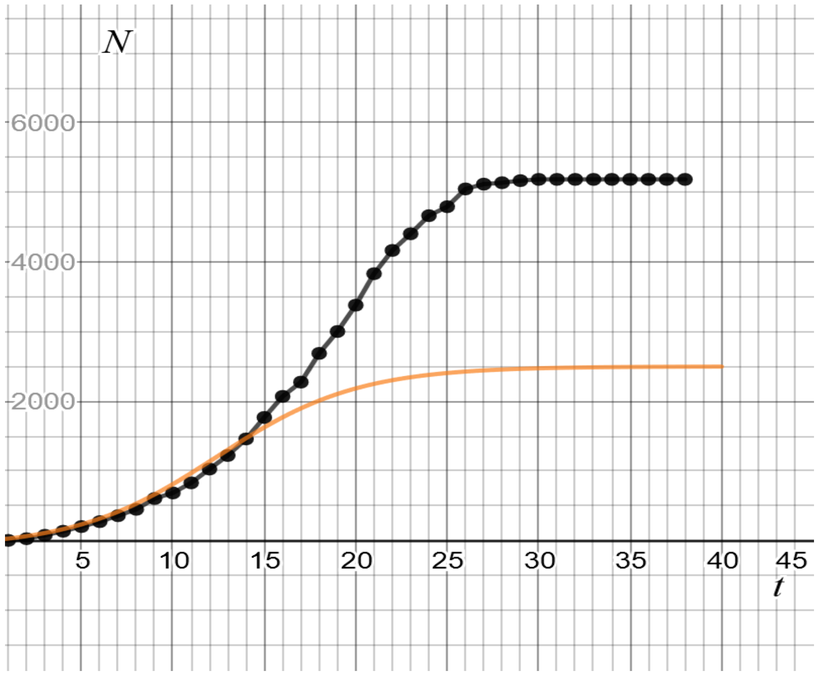


Рис.13 Графічний інтерпретація результату апрокімації на 1 кроці (n=10) m=2393,p=0.008, q=0.255

3 Крок. Проводимо ідентифікацію параметрів нелінійним методом найменших квадратів (n=20).

Nonlinear Regression: N24 = m * (1 - EXP(-(p + q) * t24)) / (1 + ...

Method

Algorithm	Gauss-Newton
Max iterations	200
Tolerance	0,00001

Starting Values for Parameters

Parameter	Value
m	2393
p	0,008
q	0,26

Equation

N24 = 6659,56 * (1 - EXP(-(0,00336221 + 0,205993) * t24)) / (1 + (0,205993 / 0,00336221) * EXP(-(0,00336221 + 0,205993) * t24))

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	SE Estimate
m	6659,56	204,593
p	0,00	0,000
q	0,21	0,006

N24 = m * (1 - EXP(-(p + q) * t24)) / (1 + (q / p) * EXP(-(p + q) * t24))

На загальному графіку цей результат виглядає наступним чином

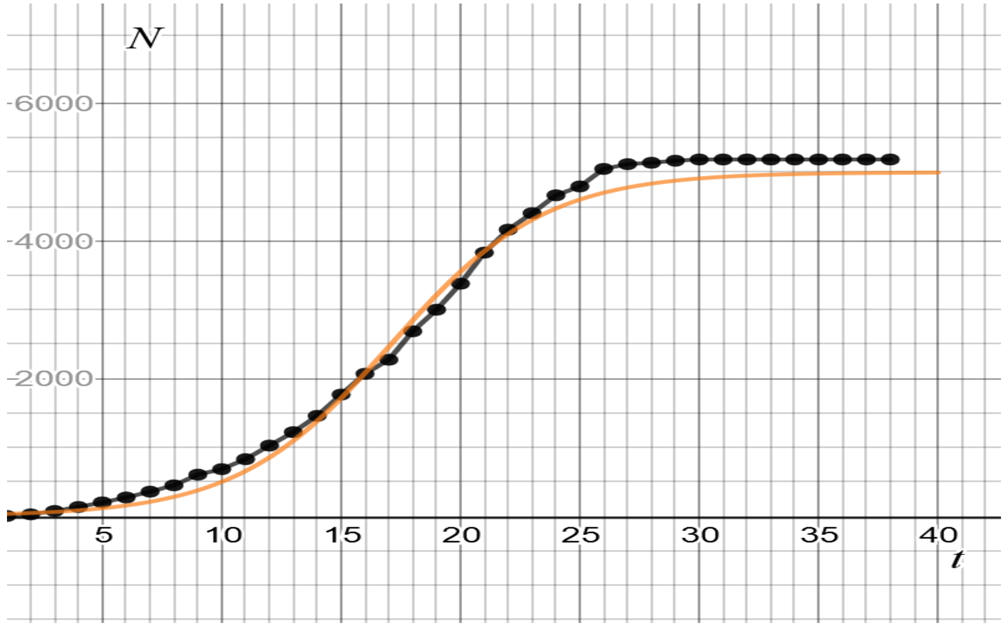


Рис.14 Графічна інтерпретація результату апрокімації для n=20 m=6600,p=0.003, q=0.205

4 Крок. Проводимо ідентифікацію параметрів нелінійним методом найменших квадратів (n=38).

Nonlinear Regression: N = m * (1 - EXP(-(p + q) * t)) / (1 + ...

Method

Algorithm	Gauss-Newton
Max iterations	200
Tolerance	0,00001

Starting Values for Parameters

Parameter	Value
m	6600
p	0,003
q	0,205

Equation

N = 5328,54 * (1 - EXP(-(0,00239417 + 0,266836) * t)) / (1 + (0,266836 / 0,00239417) * EXP(-(0,00239417 + 0,266836) * t))

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	SE Estimate
m	5328,54	37,7901
p	0,00	0,0003
q	0,27	0,0082

N = m * (1 - EXP(-(p + q) * t)) / (1 + (q / p) * EXP(-(p + q) * t))

На загальному графіку цей результат виглядає наступним чином

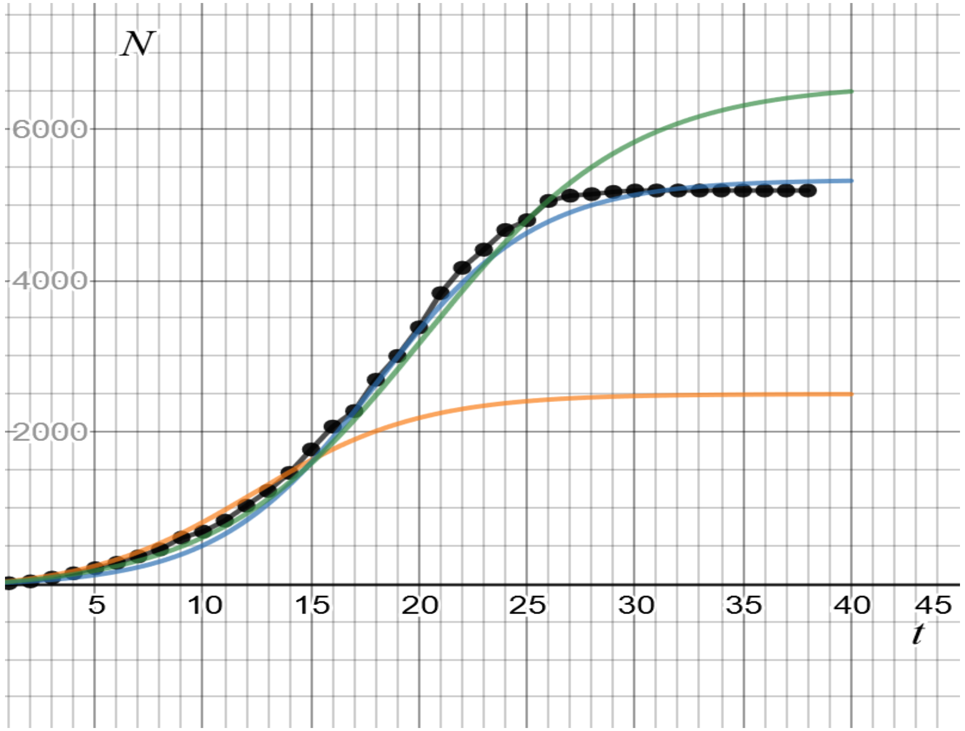


Рис.15 Графічна інтерпретація результату апрокімації при n=38

m=5328,p=0.002, q=0.267

Висновки

На основі розробленої методики:

- вирішується задача вибору найкращої S-кривої серед відібраних для використання за отриманими статистичними оцінками помилок апроксимації;
- побудовані локальні прогнози для досліджуваного ряду на прикладі дифузійної моделі Бааса;
- прогноз будується в режимі моніторингу, що дозволяє прогнозувати досліджуваний ряд на кілька кроків вперед.

Дякую за увагу!