

ОСНОВНА ЧАСТИНА

1.1. Мета роботи

Метою цієї роботи було створити програмний інтерфейс системи, який забезпечує зміну обмежень задачі, встановлення початкових значень змінних стану та критеріальної змінної, а також підстановку їх у раніше отриману модель. Ця система виконує перерахунок структури даних, що формалізує задачу математично, до структури даних бібліотечної програми, яка буде вирішувати оптимізаційну задачу.

Також, метою даної роботи було також розробити індивідуальну стратегію лікування для хвороби, обраної студентом, з метою досягнення оптимальних результатів. Оптимальність полягає у досягненні найкращого прогнозного значення критеріальної змінної в межах допустимої області змінних стану пацієнта після проведення лікування.

Так як, було взяти економічні дані, то у ролі пацієнта виступає Україна, а “хвороба” – зайнятість у легкій промисловості. Тобто, на виході, ми повинні отримати лікувальну стратегію оптимізації зайнятості у легкій промисловості.

1.2. Змістовний опис поставленої фізичної задачі

На початку роботи, маємо певний перелік та відповідну базу змінних, що характеризують стан економіки України:

- X01 – грошові доходи населення (млн. грн.)
- X02 – грошові витрати та заощадження населення (млн. грн.),
- X03 – індекс споживчих цін (%),
- X04 – індекси цін виробництва промисловості . (%)
- X05 – індекси цін виробництва легкої промисловості. (%)
- X06 – індекси ВВП (%) (вал.внутр. продукт)
- X07 – обсяг виробництва промисловості всього (млн. грн.)
- X08 – роздрібний товарообіг всього (млн. грн.)
- X09 – загальна зайнятість (тис. чол.)

- X10 – зайнятість у легкій промисловості (пром.-вироб. перс., тис. чол.)
- X11 – заробітна плата (ном., грн.)
- X12 – індекс реальної зарплати ("нетто", %)
- X13 – зарплата у легкій промисловості (ном., грн.)
- X14 – встановлена середня ставка рефінансування комерційних банків (% річних)
- X15 – середня проц. ставка банківської системи на кредити у нац. валюті (% річних)
- X16 – грошова маса гот. в обігу (M0) (млн. грн.)
- X17 – курс гривні до \$100 США (грн.)
- X18 – дебіторська заборгованість між підприємствами.(млн. грн.)
- X19 – кредиторська заборгованість між підприємствами (млн. грн.)
- X20 – видатки Зведеного бюджету, всього (млн. грн.)
- X21 – доходи Зведеного бюджету, всього (млн. грн.)
- X22 – обсяг виробництва легкої промисловості (млн. грн.)

Це дані, які відомі за 47 місяців з листопада по серпень 1995-1999 рр. відповідно.

З цих всіх змінних, оберемо певну кількість змінних стану, критеріальну змінну та важелі управління, якими ми будемо впливати на нашу модель.

У якості критеріальної змінної було обрано зайнятість у легкій промисловості, тобто Х13. Так як, моя підсистема дослідження економічних процесів України – це оптимізація зайнятості в легкій промисловості, то я обрав критерій – зайнятість у легкій промисловості, який має пряму залежність, а також він буде відображати ефективність даної підсистеми.

Далі, обираємо змінні стану:

- 1) Х04 – індекси цін виробництва легкої промисловості
- 2) Х05 – індекси цін виробництва промисловості
- 3) Х22 – обсяг виробництва легкої промисловості

Обираємо змінні управління, тобто те, чим ми будемо впливати на змінні стану та на критеріальну змінну:

- 1) Х13 – заробітна плата у легкій промисловості.

Заробітна плата може вплинути на зайнятість у легкій промисловості. Висока зарплата може стимулювати людей до роботи в даній галузі, тоді як низька зарплата може призвести до того, що люди шукатимуть роботу в інших галузях з вищою зарплатою.

- 2) Х08 – роздрібний товарообіг всього

Роздрібний товарообіг може мати вплив на легку промисловість та зайнятість у цій галузі, оскільки він визначає рівень попиту на товари легкої промисловості, що, у свою чергу, може впливати на виробництво та зайнятість у цій галузі.

- 3) Х12 – індекс реальної зарплати

Індекс реальної зарплати може вплинути на зайнятість у легкій промисловості, хоча цей вплив може бути менш прямим, ніж у випадку з величиною зарплати.

Індекс реальної зарплати відображає співвідношення між зарплатою і рівнем інфляції. Якщо індекс реальної зарплати зростає, це означає, що

зарплата росте швидше, ніж рівень інфляції, тобто реальна вартість зарплати збільшується. Це може стимулювати людей до роботи в даній галузі, оскільки вони зможуть купувати більше товарів та послуг за свою зарплату.

1.3. Опис математичної формалізації поставленої задачі

Запишемо обрані змінні у якості аргументів для блочної матриці об'єкт властивостей X :

$$X = | \mathbf{P} | \mathbf{S}^{\text{in}} | \mathbf{q}^{\text{in}} | \mathbf{S}^{\text{out}} | \mathbf{q}^{\text{out}} | \mathbf{U} |$$

\mathbf{P} – параметри об'єктів для дослідження. Так як, це економічні дані, параметрів немає, бо об'єктом для дослідження виступає лише Україна.

S_1^{in} – індекси цін виробництва легкої промисловості

S_2^{in} – індекси цін виробництва промисловості

Q^{in} – зайнятість у легкій промисловості

S_3^{in} – обсяг виробництва легкої промисловості

U_1 – заробітна плата у легкій промисловості

U_2 – роздрібний товарообіг всього

U_3 – індекс реальної зарплати

Виділимо структуру даних блочної матриці:

$S_1^{in}, S_2^{in}, S_3^{in}$ – значення вхідних змінних стану

$S_1^{out}, S_2^{out}, S_3^{out}$ – значення вихідних змінних стану

Q^{in} – значення вхідного критерію оптимізації

Q^{out} – значення вихідного критерію оптимізації

U_1, U_2, U_3 – застосовані значення змінних лікувального впливу

1.4. Розробка математичних моделей критерію та станів пацієнта після лікування. Обґрунтування кількісної адекватності моделей.

Для розробки математичних моделей критерію та станів пацієнта після лікування потрібно додати ці змінні у програму SPSS та провести моделювання по залежних та незалежних змінних. В нашому випадку, залежними змінними будуть виступати $S1(out)$, $S2(out)$, $S3(out)$ та $Q(out)$.

Отже, виділяємо елементи з якими будемо працювати:

X3		X1	X2	X4	X5	X6	X7
358,00		104,00	104,20	162,30	63,38	1161,30	106,40
354,00		103,90	102,60	146,80	77,11	1287,70	110,50
354,00		102,50	103,40	110,60	55,99	1121,80	79,20
344,00		101,60	102,90	127,90	61,98	1184,00	98,20
342,00		103,50	102,90	137,80	68,94	1276,10	102,30
334,00		102,10	101,50	141,70	65,87	1262,80	98,60
330,00		100,50	100,80	109,60	67,43	1228,60	100,30
328,00		100,60	100,40	99,50	73,33	1210,30	103,70
327,00		101,60	100,60	93,80	77,44	1317,20	104,40
335,00		100,00	100,40	97,90	73,47	1390,90	94,10
317,00		101,00	101,00	102,20	73,79	1312,70	100,00
314,00		100,70	100,10	120,00	75,86	1321,30	99,60
310,00		102,30	101,20	106,50	73,22	1253,30	96,60
308,00		99,80	100,90	109,30	80,82	1417,70	111,80
296,00		100,80	100,40	69,30	63,70	1193,00	84,60
299,00		100,80	100,40	91,70	67,96	1230,40	98,10
300,00		100,40	100,60	96,40	73,47	1453,80	105,70
296,00		99,10	100,90	94,10	72,67	1467,90	98,20
296,00		98,80	100,30	88,20	75,43	1463,30	103,70
293,00		99,30	100,40	86,60	81,22	1508,00	102,90
292,00		100,10	100,40	93,70	89,68	1608,00	104,00
289,00		100,20	100,00	83,60	81,70	1600,50	96,30
286,00		100,80	100,10	103,30	82,03	1672,50	100,80

Рис. 1. Змінні стану та критеріальна змінна розроблюваної моделі

До залежної змінної додаємо наш вихідний критерій, до незалежних – усі інші вхідні змінні моделі:

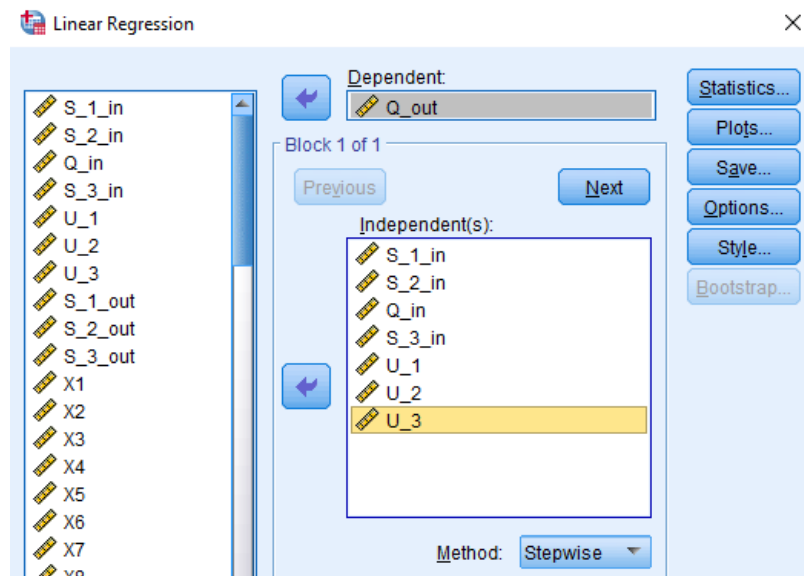


Рис. 2. Скріншот налаштування програми SPSS

Отримаємо такий результат:

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,993 ^a	,986	,985	3,62452

a. Predictors: (Constant), Q_in

Рис. 3. Скріншот результатів виконання лінійної регресії

Як видно з результатів, значення кореляції дорівнює 0,933. Це доволі гарне значення, яке показує непогану кількісну адекватність у моделі. Проте, входить лише одна змінна і це дуже погано.

Саме тому, потрібно розширити множину вхідних аргументів узагальненими змінними, дотримуючись правила: нові змінні повинні бути лінійні по управлінням та нелінійні по іншим змінним:

X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
X1 * X2	X1 / X2	X1 * X4	X1 / X4	X2 * X4	X2 / X4	(X1 / X2) * X5	(X1 / X2) * X6	(X1 / X2) * X7	(X1 / X4) * X5	(X1 / X4) * X6
10836,80	1,00	16879,20	0,64	16911,66	0,64	63,26	1159,07	106,20	40,613	744,148
10660,14	1,01	15252,52	0,71	15061,68	0,70	78,09	1304,02	111,90	54,576	911,390
10598,50	0,99	11336,50	0,93	11436,04	0,93	55,50	1112,04	78,51	51,889	1039,643
10454,64	0,99	12994,64	0,79	13160,91	0,80	61,20	1169,04	96,96	49,235	940,535
10650,15	1,01	14262,30	0,75	14179,62	0,75	69,34	1283,54	102,90	51,780	958,464
10363,15	1,01	14467,57	0,72	14382,55	0,72	66,26	1270,26	99,18	47,462	909,893
10130,40	1,00	11014,80	0,92	11047,68	0,92	67,23	1224,94	100,00	61,831	1126,590
10100,24	1,00	10009,70	1,01	9989,80	1,01	73,48	1212,71	103,91	74,141	1223,680
10220,96	1,01	9530,08	1,08	9436,28	1,07	78,21	1330,29	105,44	83,880	1426,733
10040,00	1,00	9790,00	1,02	9829,16	1,03	73,18	1385,36	93,73	75,046	1420,735
10201,00	1,00	10322,20	0,99	10322,20	0,99	73,79	1312,70	100,00	72,924	1297,287
10080,07	1,01	12084,00	0,84	12012,00	0,83	76,31	1329,22	100,20	63,659	1108,791
10352,76	1,01	10894,95	0,96	10777,80	0,95	74,02	1266,92	97,65	70,332	1203,874
10069,82	0,99	10908,14	0,91	11028,37	0,92	79,94	1402,24	110,58	73,795	1294,478
10120,32	1,00	6985,44	1,45	6957,72	1,45	63,95	1197,75	84,94	92,655	1735,273
10120,32	1,00	9243,36	1,10	9206,68	1,09	68,23	1235,30	98,49	74,704	1352,501
10100,24	1,00	9678,56	1,04	9697,84	1,04	73,32	1450,91	105,49	76,519	1514,124
9999,19	0,98	9325,31	1,05	9494,69	1,07	71,37	1441,71	96,45	76,531	1545,897
9909,64	0,99	8714,16	1,12	8846,46	1,14	74,30	1441,42	102,15	84,495	1639,161
9969,72	0,99	8599,38	1,15	8694,64	1,16	80,33	1491,48	101,77	93,131	1729,150
10050,04	1,00	9379,37	1,07	9407,48	1,07	89,41	1603,20	103,69	95,805	1717,831
10020,00	1,00	8376,72	1,20	8360,00	1,20	81,86	1603,70	96,49	97,923	1918,303
10090,08	1,01	10412,64	0,98	10340,33	0,97	82,60	1684,20	101,50	80,045	1632,023
10160,55	0,99	10502,25	0,96	10564,95	0,97	81,17	1589,21	98,01	78,525	1537,506
10019,92	1,01	8925,56	1,13	8872,22	1,12	77,86	1461,84	98,19	87,401	1641,071

Рис. 4. Скріншот створених додаткових змінних

Додаємо ці змінні у нашу модель:

S_1_in	S_2_in	Q_in	S_3_in	U_1	U_2	U_3	S_1_out	S_2_out	Q_out	S_3_out	X1	X2	X3
104,00	104,20	358,00	162,30	63,38	1161,30	106,40	103,90	102,60	354,00	146,80	10836,80	1,00	16879,20
103,90	102,60	354,00	146,80	77,11	1287,70	110,50	102,50	103,40	354,00	110,60	10660,14	1,01	15252,52
102,50	103,40	354,00	110,60	55,99	1121,80	79,20	101,60	102,90	344,00	127,90	10598,50	,99	11336,50
101,60	102,90	344,00	127,90	61,98	1184,00	98,20	103,50	102,90	342,00	137,80	10454,64	,99	12994,64
103,50	102,90	342,00	137,80	68,94	1276,10	102,30	102,10	101,50	334,00	141,70	10650,15	1,01	14262,30
102,10	101,50	334,00	141,70	65,87	1262,80	98,60	100,50	100,80	330,00	109,60	10363,15	1,01	14467,57
100,50	100,80	330,00	109,60	67,43	1228,60	100,30	100,60	100,40	328,00	99,50	10130,40	1,00	11014,80
100,60	100,40	328,00	99,50	73,33	1210,30	103,70	101,60	100,60	327,00	93,80	10100,24	1,00	10009,70
101,60	100,60	327,00	93,80	77,44	1317,20	104,40	100,00	100,40	335,00	97,90	10220,96	1,01	9530,08
100,00	100,40	335,00	97,90	73,47	1390,90	94,10	101,00	101,00	317,00	102,20	10040,00	1,00	9790,00
101,00	101,00	317,00	102,20	73,79	1312,70	100,00	100,70	100,10	314,00	120,00	10201,00	1,00	10322,20
100,70	100,10	314,00	120,00	75,86	1321,30	99,60	102,30	101,20	310,00	106,50	10080,07	1,01	12084,00
102,30	101,20	310,00	106,50	73,22	1253,30	96,60	99,80	100,90	308,00	109,30	10352,76	1,01	10894,95
99,80	100,90	308,00	109,30	80,82	1417,70	111,80	100,80	100,40	296,00	69,30	10069,82	,99	10908,14
100,80	100,40	296,00	69,30	63,70	1193,00	84,60	100,80	100,40	299,00	91,70	10120,32	1,00	6985,44
100,80	100,40	299,00	91,70	67,96	1230,40	98,10	100,40	100,60	300,00	96,40	10120,32	1,00	9243,36
100,40	100,60	300,00	96,40	73,47	1453,80	105,70	99,10	100,90	296,00	94,10	10100,24	1,00	9678,56
99,10	100,90	296,00	94,10	72,67	1467,90	98,20	98,80	100,30	296,00	88,20	9999,19	,98	9325,31
98,80	100,30	296,00	88,20	75,43	1463,30	103,70	99,30	100,40	293,00	86,60	9909,64	,99	8714,16
99,20	100,40	293,00	86,60	81,22	1508,00	102,90	100,10	100,40	292,00	93,70	9969,72	,99	8599,38

Рис. 5. Скріншот програми SPSS, де показано додані змінні

Додаємо їх на вхід до лінійної регресії:

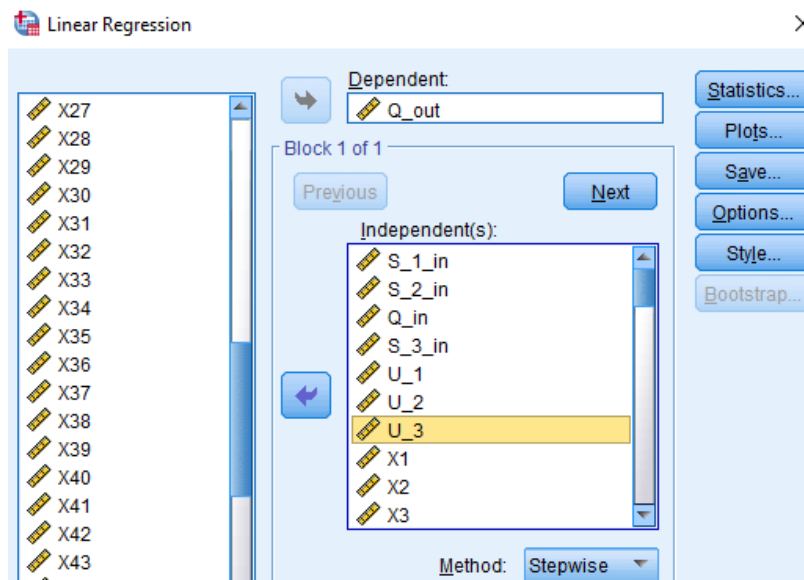


Рис. 6. Скріншот програми SPSS, де показано додавання змінних на вхід лінійної регресії

Змінюємо поріг, щоб увійшло більше змінних у модель:

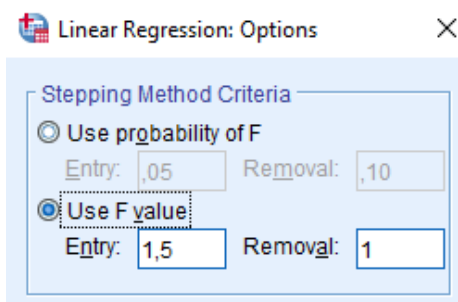


Рис. 7. Скріншот керування порогу F

Отримаємо такі результати:

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,993 ^a	,986	,985	3,62452
2	,993 ^b	,986	,986	3,60339
3	,993 ^c	,987	,986	3,53353
4	,994 ^d	,988	,986	3,48415
5	,994 ^e	,988	,987	3,46139
6	,994 ^f	,989	,987	3,40988
7	,995 ^g	,989	,987	3,38338
8	,995 ^h	,990	,988	3,28955
9	,995 ⁱ	,991	,988	3,25873
10	,996 ^j	,992	,990	3,06344

- a. Predictors: (Constant), Q_in
b. Predictors: (Constant), Q_in, X24
c. Predictors: (Constant), Q_in, X24, X28
d. Predictors: (Constant), Q_in, X24, X28, U_3
e. Predictors: (Constant), Q_in, X24, X28, U_3, X8
f. Predictors: (Constant), Q_in, X24, X28, U_3, X8, X36
g. Predictors: (Constant), Q_in, X24, X28, U_3, X8, X36, X2
h. Predictors: (Constant), Q_in, X24, X28, U_3, X8, X36, X2, X10
i. Predictors: (Constant), Q_in, X24, X28, U_3, X8, X36, X2, X10, X9
j. Predictors: (Constant), Q_in, X24, X28, U_3, X8, X36, X2, X10, X9, U_2

Рис. 8. Фінальний результат моделі по Q(out)

Як видно з результатів, значення кореляції дорівнює 0,996. Це гарне значення кореляції у моделі, яке показує гарну кількісну адекватність моделі. У модель увійшли всі змінні управління, при чому 2 у явному вигляді.

Проводимо моделювання по змінні стану S_1^{out} та отримаємо такі результати:

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,878 ^a	,772	,766	,95192
2	,884 ^b	,782	,772	,94089
3	,889 ^c	,790	,775	,93421
4	,897 ^d	,805	,785	,91232
5	,901 ^e	,813	,789	,90464
6	,913 ^f	,833	,807	,86439

- a. Predictors: (Constant), S_2_in
b. Predictors: (Constant), S_2_in, X51
c. Predictors: (Constant), S_2_in, X51, X19
d. Predictors: (Constant), S_2_in, X51, X19, X52
e. Predictors: (Constant), S_2_in, X51, X19, X52, X17
f. Predictors: (Constant), S_2_in, X51, X19, X52, X17, X15

Рис. 9. Фінальний результат моделі по S1(out)

Як видно з результатів, значення кореляції дорівнює 0,913. Це доволі гарне значення, яке показує непогану кількісну адекватність у моделі. Також, у модель входять всі змінні управління.

Проводимо моделювання по змінні стану S_2^{out} і отримаємо такі результати:

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,617 ^a	,380	,366	1,67354
2	,663 ^b	,439	,413	1,61018
3	,693 ^c	,480	,443	1,56965
4	,710 ^d	,504	,455	1,55180
5	,724 ^e	,525	,465	1,53716
6	,801 ^f	,641	,586	1,35272
7	,812 ^g	,659	,596	1,33601
8	,824 ^h	,679	,610	1,31282
9	,852 ⁱ	,726	,657	1,23078

a. Predictors: (Constant), S_2_in

b. Predictors: (Constant), S_2_in, X42

c. Predictors: (Constant), S_2_in, X42, X31

d. Predictors: (Constant), S_2_in, X42, X31, X12

e. Predictors: (Constant), S_2_in, X42, X31, X12, S_1_in

f. Predictors: (Constant), S_2_in, X42, X31, X12, S_1_in, X86

g. Predictors: (Constant), S_2_in, X42, X31, X12, S_1_in, X86, X24

h. Predictors: (Constant), S_2_in, X42, X31, X12, S_1_in, X86, X24, X6

i. Predictors: (Constant), S_2_in, X42, X31, X12, S_1_in, X86, X24, X6, S_3_in

Рис. 10. Фінальний результат моделі по S2(out)

Як видно з результатів, значення кореляції дорівнює 0,852. Це доволі нормальне значення кількісної адекватності. Також, видно, що у модель входить лише дві змінні управління. Це також нормально, бо для індексів цін у промисловості, нормально не мати управління заробітна плата у легкій промисловості.

Проводимо моделювання по змінні стану S_3^{out} і в результаті отримаємо такі результати:

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,727 ^a	,528	,518	12,38128
2	,761 ^b	,579	,559	11,83504
3	,782 ^c	,611	,583	11,50608
4	,801 ^d	,642	,607	11,17977
5	,810 ^e	,656	,612	11,09652
6	,826 ^f	,682	,634	10,78991
7	,849 ^g	,721	,670	10,23879
8	,858 ^h	,737	,680	10,09003
9	,865 ⁱ	,748	,684	10,01256

a. Predictors: (Constant), X12
b. Predictors: (Constant), X12, X53
c. Predictors: (Constant), X12, X53, X1
d. Predictors: (Constant), X12, X53, X1, X18
e. Predictors: (Constant), X12, X53, X1, X18, X44
f. Predictors: (Constant), X12, X53, X1, X18, X44, X4
g. Predictors: (Constant), X12, X53, X1, X18, X44, X4, X38
h. Predictors: (Constant), X12, X53, X1, X18, X44, X4, X38, X3
i. Predictors: (Constant), X12, X53, X1, X18, X44, X4, X38, X3, X51

Рис. 11. Фінальний результат моделі по $S_3(out)$

Як видно з результатів, значення кореляції дорівнює 0,896. Це нормальне значення кількісної адекватності. Для даної змінної можна було отримати більший коефіцієнт, проте у такому разі, у модель не входили всі змінні управління.

1.5. Обґрунтування якісної адекватності моделей.

Отже, ми отримали кількісно адекватні моделі. Проте, при деяких обставинах, ці моделі можуть бути не якісно адекватні. Для того, щоб дослідити модель на якісну адекватність, потрібно визначити, з яким знаком повинні входити управління та знайти противоріччя.

Щоб визначити входження управління U у модель, потрібно об'єднати всі елементи моделі, які мають це управління, в один комплексний узагальнений член ($F(X, U)$). Якщо можливо, управління U слід винести за дужки, отримавши вираз $F(X) \cdot U$, і дослідити знак виразу $F(X)$. Для отримання необхідного висновку може бути необхідний аналіз діапазонів змінних X, що входять до $F(X)$.

Отож, для Q^{out} я отримав таку модель:

10	(Constant)	352,605	183,098		1,926	,062
	Q_in	,872	,166	,903	5,250	,000
	X24	,000	,000	-,703	-2,390	,022
	X28	,007	,002	,924	2,764	,009
	U_3	-12,510	3,510	-2,795	-3,564	,001
	X8	-,367	,216	-2,459	-1,696	,099
	X36	-,001	,000	-,204	-2,692	,011
	X2	-293,851	173,020	-,137	-1,698	,098
	X10	-,204	,096	-,132	-2,112	,042
	X9	10,081	3,644	2,304	2,767	,009
	U_2	,520	,217	3,576	2,395	,022

a. Dependent Variable: Q_out

Рис. 12. Таблиця коефіцієнтів моделі, яка побудована на вихідному критерію

Запишемо модель у вигляді рівняння:

$$\begin{aligned}
 Q^{out} = & 352,605 + 0,872 * Q^{in} + 0,0004 * ((S_1^{in} + Q^{in}) * U_2) + 0,007 * \\
 & * ((S_2^{in} + Q^{in}) * U_3) - 12,510 * U_3 - 0,367 * \left(\left(\frac{S_1^{in}}{S_2^{in}} \right) * U_2 \right) - 0,001 * \\
 & * (S_3^{in} * Q^{in}) - 293,851 * \left(\frac{S_1^{in}}{S_2^{in}} \right) - 0,204 * \left(\left(\frac{S_1^{in}}{S_3^{in}} \right) * U_1 \right) + 10,081 * \\
 & * \left(\left(\frac{S_1^{in}}{S_2^{in}} \right) * U_3 \right) + 0,520 * U_2
 \end{aligned}$$

Спростимо формулу та винесемо управління за дужки:

$$\begin{aligned}
 Q^{out} = & 352,605 + 0,872 * Q^{in} + U_2 * (0,0004 * S_1^{in} + 0,0004 * Q^{in} + \\
 & + 0,520 - 0,367 * \left(\frac{S_1^{in}}{S_2^{in}} \right)) + U_3 * (0,007 * S_2^{in} + 0,007 * Q^{in} + 10,081 * \\
 & * \left(\frac{S_1^{in}}{S_2^{in}} \right) - 12,510) + U_1 * (-0,204 * \left(\frac{S_1^{in}}{S_3^{in}} \right)) - 293,851 * \left(\frac{S_1^{in}}{S_2^{in}} \right) - 0,001 * \\
 & * (S_3^{in} * Q^{in})
 \end{aligned}$$

Щоб визначити знак входження певного управління, потрібно підставити середні значення пацієнта. Тому, перевіряємо спочатку U_1 :

$$U_1 * \left(-0,204 * \left(\frac{S_1^{in}}{S_3^{in}} \right) \right) = \left(-0,204 * \frac{101,27}{100,45} \right) = U_1 * (-0,205665)$$

Бачимо, що U_1 входить зі знаком мінус. Загалом, з логічної точки зору, це управління повинно було входити зі знаком плюс, проте перепробувавши різні моделі, я дійшов до висновку, що це управління входить лише з мінусом. Це означає, що заробітна плата прямо не впливає на зайнятість у легкій промисловості.

Перевіряємо U_2 :

$$U_2 * \left(0,0004 * S_1^{in} + 0,0004 * Q^{in} + 0,520 - 0,367 * \left(\frac{S_1^{in}}{S_2^{in}} \right) \right) = (0,0004 * \\ * 101,27 + 0,0004 * 292,2 + 0,520 - 0,367 * \left(\frac{101,27}{101,51} \right)) = U_2 * (0,311256)$$

Бачимо, що U_2 входить зі знаком плюс, що є правильним. Роздрібний товарообіг поліпшує зайнятість у легкій промисловості. Чим більше товарів в обігу тим більше промисловості отримують вигоди, а отже зайнятість зростає.

Перевіряємо U_3 :

$$U_3 * \left(0,007 * S_2^{in} + 0,007 * Q^{in} + 10,081 * \left(\frac{S_1^{in}}{S_2^{in}} \right) - 12,510 \right) = (0,007 * \\ * 101,51 + 0,007 * 292,20 + 10,081 * \left(\frac{101,27}{101,51} \right) - 12,510) = U_3 * (0,30314)$$

Бачимо, що U_3 входить зі знаком плюс, що є правильним. Індекс реальної зарплати відображає співвідношення між зарплатою і рівнем інфляції. Якщо індекс реальної зарплати зростає, це означає, що зарплата росте швидше, ніж рівень інфляції, тобто реальна вартість зарплати збільшується. А через це, зайнятість повинна зростати.

Дослідимо модель S_1^{out} :

6	(Constant)	12,668	9,015		1,405	,168
	S_2_in	,862	,086	,936	10,010	,000
	X51	-,063	,018	-2,294	-3,559	,001
	X19	,117	,079	,475	1,484	,146
	X52	,701	,229	1,492	3,064	,004
	X17	,017	,007	1,070	2,579	,014
	X15	-,242	,111	-,513	-2,194	,034

a. Dependent Variable: S_1_out

Рис. 13. Таблиця коефіцієнтів моделі, яка побудована на вихідній змінній стану S_1^{out}

Запишемо модель у вигляді рівняння:

$$S_1^{out} = 12,668 + 0,862 * (S_1^{in}) - 0,063 * \left(\frac{(S_3^{in})^2}{(Q^{in})^2} * U_2 \right) + 0,117 * \left(\frac{S_3^{in}}{Q^{in}} * U_1 \right) + 0,701 * \left(\frac{(S_3^{in})^2}{(Q^{in})^2} * U_3 \right) + 0,017 * \left(\frac{S_2^{in}}{Q^{in}} * U_2 \right) - 0,242 * \left(\frac{S_1^{in}}{Q^{in}} * U_3 \right)$$

Спростимо формулу та винесемо управління за дужки:

$$S_1^{out} = 12,668 + 0,862 * (S_1^{in}) + U_2 * \left(-0,063 * \frac{(S_3^{in})^2}{(Q^{in})^2} + 0,017 * \frac{S_2^{in}}{Q^{in}} \right) + U_1 * \left(0,117 * \frac{S_3^{in}}{Q^{in}} \right) + U_3 * \left(0,701 * \frac{(S_3^{in})^2}{(Q^{in})^2} - 0,242 * \frac{S_1^{in}}{Q^{in}} \right)$$

Щоб визначити знак входження певного управління, потрібно підставити середні значення пацієнта. Тому, перевіряємо спочатку U_2 :

$$U_2 * \left(-0,063 * \frac{(S_3^{in})^2}{(Q^{in})^2} + 0,017 * \frac{S_2^{in}}{Q^{in}} \right) = U_2 * (-0,0015)$$

Бачимо, що U_2 входить зі знаком мінус, що є правильним, бо роздрібний товарообіг негативно впливає на індекси цін виробництва промисловості.

Далі перевіряємо U_1 :

$$U_1 * \left(0,117 * \frac{S_3^{in}}{Q^{in}} \right) = U_1 * (0,0402)$$

Бачимо, що U_1 входить зі знаком мінус, що є правильним, бо заробітна плата у легкій промисловості позитивно впливає на індекси цін виробництва легкої промисловості.

Далі перевіряємо U_3 :

$$U_3 * \left(0,701 * \frac{(S_3^{in})^2}{(Q^{in})^2} - 0,242 * \frac{S_1^{in}}{Q^{in}} \right) = U_3 * (-0,00102)$$

Бачимо, що U_3 також входить зі знаком мінус, що є правильним, бо індекс реальної зарплати негативно впливає на індекси цін виробництва легкої промисловості.

Дослідимо модель S_2^{out} :

9	(Constant)	114,541	20,551		5,574	,000
	S_2_in	13,728	3,373	13,968	4,070	,000
	X42	,016	,004	4,357	4,066	,000
	X31	,001	,000	1,474	3,338	,002
	X12	-,228	,073	-1,797	-3,131	,003
	S_1_in	-26,176	6,929	-25,054	-3,778	,001
	X86	12,974	3,488	17,408	3,720	,001
	X24	-3,761E-5	,000	-,933	-3,307	,002
	X6	-41,659	14,104	-3,688	-2,954	,006
	S_3_in	-,255	,103	-2,406	-2,469	,018

a. Dependent Variable: S_2_out

Рис. 14. Таблиця коефіцієнтів моделі, яка побудована на вихідній змінній стану S_2^{out}

Запишемо модель у вигляді рівняння:

$$\begin{aligned}
 S_2^{out} = & 114,541 + 13,728 * S_2^{in} + 0,016 * \left(\frac{(S_1^{in})^2}{(S_3^{in})^2} * U_2 \right) + 0,001 * \\
 & * \left((S_3^{in} + Q^{in}) * U_3 \right) - 0,228 * \left(\frac{S_1^{in}}{S_3^{in}} * U_3 \right) - 26,176 * (S_1^{in}) + 12,974 * \\
 & * \left(\frac{S_1^{in}}{S_2^{in}} * S_1^{in} \right) - 3,761 * \left((S_1^{in} + Q^{in}) * U_2 \right) - 41,659 * \left(\frac{S_2^{in}}{S_3^{in}} \right) - 0,255 * \\
 & * (S_3^{in})
 \end{aligned}$$

Спростимо формулу та винесемо управління за дужки:

$$S_2^{out} = 114,541 + 13,728 * S_2^{in} - 26,176 * (S_1^{in}) + 12,974 * \left(\frac{S_1^{in}}{S_2^{in}} * S_1^{in} \right) - \\ - 41,659 * \left(\frac{S_2^{in}}{S_3^{in}} \right) - 0,255 * S_3^{in} + U_2 * \left(0,016 * \frac{(S_1^{in})^2}{(S_3^{in})^2} - 3,761 * \right. \\ \left. * (S_1^{in} + Q^{in}) \right) + U_3 * \left(0,001 * (S_3^{in} + Q^{in}) - 0,228 * \frac{S_1^{in}}{S_3^{in}} \right)$$

Щоб визначити знак входження певного управління, потрібно підставити середні значення пацієнта. Тому, перевіряємо U_2 :

$$U_2 * \left(0,016 * \frac{(S_1^{in})^2}{(S_3^{in})^2} - 3,761 * (S_1^{in} + Q^{in}) \right) = U_2 * (-1479,839)$$

Бачимо, що U_2 входить зі знаком плюс. Це є правильно, бо роздрібний товарообіг негативно впливає на індекси цін промисловості, так само як і для легкої промисловості.

Далі перевіряємо U_3 :

$$U_3 * \left(0,001 * (S_3^{in} + Q^{in}) - 0,228 * \frac{S_1^{in}}{S_3^{in}} \right) = U_3 * (0,0016)$$

Бачимо, що U_3 входить зі знаком плюс. Це є правильно, бо індекс реальної зарплати позитивно впливає на індекси цін промисловості.

Дослідимо модель S_3^{out} :

9	(Constant)	-4418,322	2543,886		-1,737	,091
	X12	2,057	1,024	1,916	2,009	,052
	X53	45,318	24,382	9,851	1,859	,071
	X1	-,431	,232	-9,721	-1,853	,072
	X18	-8,435	2,880	-2,010	-2,928	,006
	X44	15,807	4,623	3,215	3,419	,002
	X4	-209,704	83,243	-2,161	-2,519	,016
	X38	-1,780	,742	-1,329	-2,400	,022
	X3	,006	,003	,727	1,825	,076
	X51	-,133	,106	-,536	-1,255	,218

a. Dependent Variable: S_3_out

Рис. 15. Таблиця коефіцієнтів моделі, яка побудована на вихідній змінній стану S_3^{out}

Запишемо модель у вигляді рівняння:

$$\begin{aligned} S_3^{out} = & -4418,322 + 2,057 * \left(\frac{S_1^{in}}{S_3^{in}} * U_3 \right) + 45,318 * (S_1^{in} + S_2^{in}) - 0,431 * \\ & * (S_1^{in} * S_2^{in}) - 8,435 * \left(\frac{S_2^{in}}{Q^{in}} * U_3 \right) + 15,807 * \left(\frac{(S_1^{in})^2}{(Q^{in})^2} * U_1 \right) - 209,704 * \\ & * \left(\frac{S_1^{in}}{S_3^{in}} \right) - 1,780 * \left(\frac{(S_1^{in})^2}{(S_2^{in})^2} * U_1 \right) + 0,006 * (S_1^{in} * S_3^{in}) - 0,133 * \\ & * \left(\frac{(S_3^{in})^2}{(Q^{in})^2} * U_2 \right) \end{aligned}$$

Спростимо формулу та винесемо управління за дужки:

$$\begin{aligned} S_3^{out} = & -4418,322 + 45,318 * (S_1^{in} + S_2^{in}) - 0,431 * (S_1^{in} * S_2^{in}) - \\ & - 209,704 * \left(\frac{S_1^{in}}{S_3^{in}} \right) + 0,006 * (S_1^{in} * S_3^{in}) + U_3 * \left(2,057 * \frac{S_1^{in}}{S_3^{in}} - 8,435 * \right. \\ & * \frac{S_2^{in}}{Q^{in}} \left. + U_1 * \left(15,807 * \frac{(S_1^{in})^2}{(Q^{in})^2} - 1,780 * \frac{(S_1^{in})^2}{(S_2^{in})^2} \right) + U_2 * \left(-0,133 * \right. \right. \\ & * \left. \left. \frac{(S_3^{in})^2}{(Q^{in})^2} \right) \right) \end{aligned}$$

Щоб визначити знак входження певного управління, потрібно підставити середні значення пацієнта. Тому, перевіряємо U_3 :

$$U_3 * \left(2,057 * \frac{S_1^{in}}{S_3^{in}} - 8,435 * \frac{S_2^{in}}{Q^{in}} \right) = U_3 * (-0,85623)$$

Бачимо, що U_3 входить зі знаком мінус. Це є правильно, бо індекс реальної зарплати негативно впливає на обсяг виробництва легкої промисловості.

Перевіряємо U_2 :

$$U_2 * \left(-0,133 * \frac{(S_3^{in})^2}{(Q^{in})^2} \right) = U_2 * (-0,0157)$$

Перевіряємо U_1 :

$$U_1 * \left(15,807 * \frac{(S_1^{in})^2}{(Q^{in})^2} - 1,780 * \frac{(S_1^{in})^2}{(S_2^{in})^2} \right) = U_1 * (0,1271)$$

Бачимо, що U_1 входить зі знаком плюс. Це є правильно, бо заробітна плата у легкій промисловості позитивно впливає на обсяг виробництва легкої промисловості.

1.6. Короткий опис програмного інструменту вирішення задачі

У даній курсовій роботі було використано бібліотечну програму PuLP (Python Library for Mathematical Programming). Це бібліотека на мові Python, яка дозволяє моделювати та розв'язувати математичні задачі лінійного програмування (ЛП) та інших оптимізаційних задач. PuLP надає зручний і простий у використанні інтерфейс для створення та розв'язування таких задач.

Основною перевагою PuLP є його простота в освоєнні та використанні. Вона пропонує інтуїтивно зрозумілі функції та методи, що дозволяють легко створювати моделі ЛП, встановлювати обмеження, визначати цільову функцію та розв'язувати задачі оптимізації. PuLP підтримує різні типи змінних (цілі, дійсні, булеві) та різні види обмежень, що дозволяє моделювати різноманітні задачі.

Основні можливості бібліотеки PuLP включають:

Створення змінних: PuLP дозволяє створювати різні типи змінних, такі як цілі числа, дійсні числа або булеві значення, і призначати їм обмеження.

Встановлення обмежень: За допомогою PuLP можна встановлювати обмеження на змінні, такі як обмеження на значення, обмеження-рівності або нерівності.

Визначення цільової функції: PuLP дозволяє встановлювати цільову функцію, яку треба мінімізувати або максимізувати, залежно від поставленої задачі.

Розв'язання оптимізаційних задач: PuLP забезпечує можливість розв'язання задач оптимізації з використанням різних алгоритмів та солверів, таких як CBC, GLPK, CPLEX тощо.

Обробка результатів: PuLP дозволяє отримувати результати розв'язку задачі, такі як значення змінних та значення цільової функції, і використовувати їх для подальшого аналізу або виведення.

PuLP є потужним інструментом для моделювання та розв'язання математичних задач оптимізації в середовищі Python. Вона є відкритою та безкоштовною бібліотекою, що дозволяє широкому колу користувачів ефективно вирішувати різні задачі оптимізації, починаючи з простих задач до складних бізнес-застосувань.

1.7. Розробка та опис програмного інтерфейсу системи оптимізації вибраної задачі

Для розробки програмного інтерфейсу використовувалась бібліотека tkinter, а також програма pygubu-designer.

Tkinter є стандартною бібліотекою Python, яка надає інтерфейс для розробки графічних користувацьких інтерфейсів (GUI). Ця бібліотека базується на Tk, що є набором інструментів для створення графічних інтерфейсів, розроблених на мові програмування Tcl (Tool Command Language).

Tkinter є вбудованою бібліотекою в стандартному наборі Python, тому вона доступна без необхідності встановлення додаткових пакетів. Вона працює на більшості платформ, включаючи Windows, macOS та Linux.

Tkinter надає розробникам можливість створювати вікна, кнопки, поле введення тексту, мітки, меню, списки, радіокнопки та багато іншого. Вона має простий і зрозумілий інтерфейс програмування, що дозволяє розробникам швидко створювати і налаштовувати елементи інтерфейсу користувача.

Pygubu Designer - це графічний інструмент для розробки інтерфейсів користувача на основі Tkinter для програм на мові програмування Python. Він дозволяє швидко і легко створювати графічні інтерфейси користувача, перетягуючи та розміщуючи елементи у вікні за допомогою миші.

Основними особливостями Pygubu Designer є:

Графічний інтерфейс: Pygubu Designer надає зручне та інтуїтивно зрозуміле середовище для створення інтерфейсів користувача. Ви можете створювати вікна, діалогові вікна, кнопки, поля введення, список, меню, вкладки та інші елементи інтерфейсу шляхом перетягування та розміщення їх на вікні.

Прив'язка до коду: Pygubu Designer дозволяє прив'язувати функції Python до подій, які відбуваються в інтерфейсі користувача. Ви можете легко визначити функції, які будуть викликатися при натисканні кнопок, введенні тексту або будь-якій іншій події. Це спрощує обробку подій та забезпечує взаємодію з користувачем.

Гнучкість: Pygubu Designer генерує код на мові Python, що дає вам повний контроль над вашим проектом. Ви можете вносити зміни у згенерований код, додавати власні функції та логіку, розширювати функціональність програми згідно з ваших потреб.

Підтримка міжнародних мов: Pygubu Designer підтримує розміщення мовних ресурсів у вашому проекті, що дозволяє створювати інтерфейси на різних мовах. Ви можете легко локалізувати свою програму та забезпечити мультилінгвальну підтримку для своїх користувачів.

Переносимість: Pygubu Designer базується на Tkinter - стандартній бібліотеці графічного інтерфейсу користувача Python, яка доступна на різних платформах, включаючи Windows, macOS і Linux. Ваші програми, розроблені з використанням Pygubu Designer, будуть працювати на багатьох операційних системах без змін.

Pygubu Designer – це потужний інструмент для швидкого розробки графічних інтерфейсів користувача на основі Tkinter. Він спрощує процес створення інтерфейсу та забезпечує зручну інтеграцію з вашим кодом на Python, дозволяючи вам створювати функціональні та естетичні програми.

Отож, побудуємо інтерфейс майбутньої програми, обов'язково включивши наступні функції: можливість задання вхідних даних пацієнта, тобто його S_1^{in} , S_2^{in} , S_3^{in} , Q^{in} , можливість задання обмежень для змінних стану та управлінь, можливість перегляду проміжних коефіцієнтів моделі, можливість перегляду порахованих коефіцієнтів моделі, можливість перегляду результатів виконання оптимізації.

Додаємо спочатку блок вхідних даних, при чому додаємо 2 кнопки, за допомогою яких можна підставляти або випадкового, або середнього пацієнта:

The screenshot shows a window titled "Дані 'пацієнта':" (Patient Data). It contains four input fields labeled S1_in, S2_in, S3_in, and Q_in, each with a value of 0.0. Below these fields is a button labeled "Заповнити середнім або випадковим пацієнтом:" (Fill with average or random patient:). Under this button are two smaller buttons: "Середній" (Average) and "Випадковий" (Random).

Рис. 16. Блок вхідних даних програмного інтерфейсу

Додаємо блок обмежень для задання мінімуму та максимуму для змінних стану та для управлінь:

The screenshot shows a window titled "Обмеження:" (Constraints). It has two columns of input fields. The left column is labeled "min:" and the right column is labeled "max:". The rows correspond to variables S1_in, S2_in, S3_in, U1, U2, and U3. Each variable has a min and max input field, all of which currently contain the value 0.0.

Рис. 17. Блок обмежень програмного інтерфейсу

Додаємо примітку, за допомогою якої можна визначити, що означає та чи інша змінна:

Примітка:
S1_in - Індеси цін виробництва легкої промисловості
S2_in - Індеси цін виробництва промисловості
S3_in - Обсяг виробництва легкої промисловості
Q_in - Зайнятість у легкій промисловості
U1 - Заробітна плата у легкій промисловості
U2 - Роздрібний товарообіг всього
U3 - Індекс реальної зарплати

Рис. 18. Блок-примітка, де пояснюється значення кожної змінної

Додаємо блок проміжних коефіцієнтів моделі, тобто це коефіцієнти тих рівнянь моделі, які ми отримали:

Коефіцієнти:				
Q_out	S1_out	S2_out	S3_out	
const: 352,605	const: 12,668	const: 114,541	const: -4418,322	
Q_in: 0,872	S2_in: 0,862	S2_in: 13,728	X12: 2,057	
X24: 0,0004	X51: -0,063	X42: 0,016	X53: 43,318	
X28: 0,007	X19: 0,117	X31: 0,001	X1: -0,431	
U3: -12,510	X52: 0,701	X12: -0,228	X18: -8,435	
X8: -0,367	X17: 0,017	S1_in: -26,176	X44: 15,807	
X36: -0,001	X15: -0,242	X86: 12,974	X4: -209,704	
X2: -293,851		X24: -3,762	X38: -1,780	
X10: -0,204		X6: -41,659	X3: 0,006	
X9: 10,081		S3_in: -0,255	X51: -0,133	
U2: 0,520				

Рис. 19. Блок проміжних коефіцієнтів моделі

Додаємо блок порахованих коефіцієнтів, при чому, у моделі S2(out) управління U1 немає, а отже, ставимо цей блок як disabled, тобто він нічого не відображає і його не можна змінювати при роботі програми:

Коефіцієнти:				
	U1	U2	U3	const
S1_out	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
S2_out	<input type="text"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
S3_out	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
Q_out	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>

Рис. 20. Блок порахованих коефіцієнтів кінцевої моделі

Додаємо блок виводу результатів:

Результати:	
U1:	<input type="text" value="0.0"/>
U2:	<input type="text" value="0.0"/>
U3:	<input type="text" value="0.0"/>
S1_out:	<input type="text" value="0.0"/>
S2_out:	<input type="text" value="0.0"/>
S3_out:	<input type="text" value="0.0"/>
Q_out:	<input type="text" value="0.0"/>

Рис. 21. Блок виводу результатів оптимізації

Додаємо дві кнопки, де перша буде для розрахунку результатів, друга – для виводу на екран пояснення змінних проміжних коефіцієнтів моделі:

Розрахунок
Пояснення змінних

Рис. 22. Кнопки для роботи програми, де 1 – для розрахунку результатів, 2 – для виклику вікна пояснення змінних

Остаточний вигляд програми:

The interface is divided into several sections:

- Дані "пацієнта":**
 - S1_in: 0.0
 - S2_in: 0.0
 - S3_in: 0.0
 - Q_in: 0.0
 - Buttons: Заповнити середнім або випадковим пацієнтом: (Середній, Випадковий)
- Обмеження:**

min:		max:	
0.0	S1_in	0.0	
0.0	S2_in	0.0	
0.0	S3_in	0.0	
0.0	U1	0.0	
0.0	U2	0.0	
0.0	U3	0.0	
- Примітка:**
 - S1_in - Індеси цін виробництва легкої промисловості
 - S2_in - Індеси цін виробництва промисловості
 - S3_in - Обсяг виробництва легкої промисловості
 - Q_in - Зайнятість у легкій промисловості
 - U1 - Заробітна плата у легкій промисловості
 - U2 - Роздрібний товарообіг всього
 - U3 - Індекс реальної зарплати
- Коефіцієнти:**

Q_out				S1_out				S2_out				S3_out			
const:	352,605	const:	12,668	const:	114,541	const:	-4418,322								
Q_in:	0,872	S2_in:	0,862	S2_in:	13,728	X12:	2,057								
X24:	0,0004	X51:	-0,063	X42:	0,016	X53:	43,318								
X28:	0,007	X19:	0,117	X31:	0,001	X1:	-0,431								
U3:	-12,510	X52:	0,701	X12:	-0,228	X18:	-8,435								
X8:	-0,367	X17:	0,017	S1_in:	-26,176	X44:	15,807								
X36:	-0,001	X15:	-0,242	X86:	12,974	X4:	-209,704								
X2:	-293,851			X24:	-3,762	X38:	-1,780								
X10:	-0,204			X6:	-41,659	X3:	0,006								
X9:	10,081			S3_in:	-0,255	X51:	-0,133								
U2:	0,520														
- Коефіцієнти:**

	U1	U2	U3	const
S1_out	0.0	0.0	0.0	0.0
S2_out		0.0	0.0	0.0
S3_out	0.0	0.0	0.0	0.0
Q_out	0.0	0.0	0.0	0.0
- Результати:**
 - U1: 0.0
 - U2: 0.0
 - U3: 0.0
 - S1_out: 0.0
 - S2_out: 0.0
 - S3_out: 0.0
 - Q_out: 0.0
 - Buttons: Розрахунок, Пояснення змінних

Рис. 23. Остаточний вигляд програмного інтерфейсу

1.8. Задання начальних умов задачі та розрахунок рішення задачі оптимізації

Після успішної розробки програмного інтерфейсу та використання бібліотечної програми, потрібно перевірити на правильність виконання оптимізації. Отже, вводимо середнього пацієнта, шляхом нажимання на кнопку "Середній":

Дані "пацієнта":

S1_in: 101.27

S2_in: 101.51

S3_in: 100.45

Q_in: 292.2

Заповнити середнім або випадковим пацієнтом:

Рис. 24. Блок вхідних змінних, який заповнений середнім пацієнтом

Вводимо обмеження:

Обмеження:

min:		max:
40	S1_in	110.1
0.10	S2_in	110.7
50	S3_in	162.3
30	U1	115.94
0.01	U2	1936.6
20	U3	111.8

Рис. 25. Блок обмежень програми, який заповнений певними обмеженнями

Нажимаємо кнопку “розрахунок” та отримуємо такий результат:

Результати:

U1: 30.0

U2: 0.08

U3: 111.8

S1_out: 101.054

S2_out: 0.1

S3_out: 98.289

Q_out: 312.641

Рис. 26. Блок результатів, який заповнений підрахованими змінними

Коефіцієнти:				
	U1	U2	U3	const
S1_out	0.0402	-0.0015	-0.001	99.9627
S2_out	-	-1479.8244	0.1628	100.194
S3_out	0.1271	-0.0157	-0.8565	190.2371
Q_out	-0.2057	0.3113	0.3031	284.8957

Рис. 27. Блок підрахованих коефіцієнтів

Для зручності, виведемо блок пояснення змінних:

Q_out:	
X24: $(S_1^{in} + Q^{in}) * U_2$	X8: $(S_1^{in} / S_2^{in}) * U_2$
X28: $(S_2^{in} + Q^{in}) * U_3$	X10: $(S_1^{in} / S_3^{in}) * U_1$
X36: $(S_3^{in} * Q^{in})$	X9: $(S_1^{in} / S_2^{in}) * U_3$
X2: S_1^{in} / S_2^{in}	
S1_out:	
X51: $((S_3^{in})^2 / (Q^{in})^2) * U_2$	X17: $(S_2^{in} / Q^{in}) * U_2$
X19: $(S_3^{in} / Q^{in}) * U_1$	X15: $(S_1^{in} / Q^{in}) * U_3$
X52: $((S_3^{in})^2 / (Q^{in})^2) * U_3$	
S2_out:	
X42: $((S_1^{in})^2 / (S_3^{in})^2) * U_2$	X86: $(S_1^{in} / S_2^{in}) * S_1^{in}$
X31: $(S_3^{in} + Q^{in}) * U_3$	X24: $(S_1^{in} + Q^{in}) * U_2$
X12: $(S_1^{in} / S_3^{in}) * U_3$	X6: S_2^{in} / S_3^{in}
S3_out:	
X53: $S_1^{in} + S_2^{in}$	X38: $((S_1^{in})^2 / (S_2^{in})^2) * U_1$
X1: $S_1^{in} * S_2^{in}$	X3: $S_1^{in} * S_3^{in}$
X18: $(S_2^{in} / Q^{in}) * U_3$	X51: $((S_3^{in})^2 / (Q^{in})^2) * U_2$
X44: $((S_1^{in})^2 / (Q^{in})^2) * U_1$	X12: $(S_1^{in} / S_3^{in}) * U_3$
X4: S_1^{in} / S_3^{in}	

Рис. 28. Виклик пояснювальних змінних

Отже, з результатів, можна помітити, що для заданих вхідних даних, програма знайшла рішення. Всі управління, що входили у модель увійшли з правильним знаком. На виході ми бачимо, що наша критеріальна змінна зросла, тобто ми оптимізували зайнятість у легкій промисловості.