

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА МЕЖДУ СТРАНАМИ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ В
РАМКАХ ЧЕРНОМОРСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА И ГУАМ
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВИХ ЗВ'ЯЗКІВ ГЛОБАЛІЗАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ БАЙЕСІВСЬКИХ
МЕРЕЖ ДОВІРИ**

Болдак А.О., к.т.н., доцент кафедри обчислювальних наук, НТУ «Київський політехнічний інститут»
Згуровський О.М., аспірант кафедри міжнародної економіки, НТУ «Київський політехнічний інститут»

Кількісне оцінювання глобалізаційних процесів на основі використання інтегрованих показників, таких як індекс глобалізації та його економічної, соціальної і політичної складових, проводиться в роботах [1,2]. Але в наведених роботах не розглядається залежність цих інтегрованих показників від багатьох визначальних факторів, таких як стан демократизації суспільства, державна нестабільність, чутливість до корупції, тощо, які суттєво впливають на характер та розвиток процесів глобалізації.

В роботах [3,4] з використанням методів багатовимірного статистичного аналізу виконане оцінювання залежності інтегрованих показників глобалізації країн світу від групи головних індикаторів їх суспільного розвитку та безпеки і проведено дослідження впливу кризових явищ на суспільні і політичні процеси в глобальному і регіональному контекстах. Особливістю наведених у цих роботах досліджень є аналіз лінійних залежностей між інтегральними показниками глобалізаційних процесів і значеннями рівня окремих індикаторів безпеки і суспільного розвитку.

У даній роботі аналізується вплив наведених індикаторів на процеси глобалізації на якісному рівні з використанням байєсівських мереж довіри (БМД), заснованих на теорії причинності (causality) [5], з урахуванням як лінійних, так і нелінійних залежностей. Використання БМД, що базуються на графічній моделі ймовірнісних відношень на множині змінних, спільно з апаратом математичної статистики дозволяє виявити причинно-наслідкові зв'язки між різними змінними і, таким чином, полегшити розуміння складних явищ і процесів, які пов'язані з глобалізацією. Окрім того, БМД, маючи як причинно-наслідкову, так і ймовірнісну семантику, є зручним інструментом для оперування, як з експертними знаннями, що мають якісний характер, так і з статистичними, кількісними даними, отриманими інструментальним шляхом (вимірювання, спостереження, обчислення).

Наведені вище властивості БМД зумовили їх застосування для вивчення розглянутих у цьому дослідженні залежностей процесів глобалізації від групи визначальних індикаторів безпеки і суспільного розвитку різних країн світу.

Постановка задачі

В якості даних, які будуть використані в дослідженні, скористаємося результатами двох джерел. В [1] містяться кількісні значення індексу глобалізації (I_g), визначеного за методикою KOF в економічному (I_e), соціальному (I_s) та політичному (I_p) вимірах та його складових, а саме:

- Data on actual Flows (AFLOW) – дані про фактичні потоки, які входять до економічного виміру індексу глобалізації та складаються з суми експорту та імпорту всіх товарів та послуг, вирахованих як частина внутрішнього валового продукту, а також з прямих іноземних інвестицій, які містять акціонерний капітал, реінвестування доходів, інших короткострокових та довгострокових капіталів; суму активів інвестиційного портфеля та інвестиційних зобов'язань.
- Data on restrictions (REST) – обмеження, в які входять приховані бар'єри для імпорту, середня ціна тарифу, податки на міжнародну торгівлю, обмеження операцій по банківським рахункам.
- Data on Personal Contact (PRSCONT) – дані про персональні контакти, в які входять обсяги телефонного трафіку, міжнародного туризму, кількість іноземного населення та обсяги міжнародного листування.
- Data on Information Flows (IFLOW) – дані про інформаційні потоки складаються з кількості користувачів Інтернету, розповсюдженості телебачення та обсягів продажу газет. Data on Cultural Proximity (CULTPROX) – культурна близькість, яка визначається кількістю ресторанів McDonald's, кількістю магазинів Ikea (на душу населення) та обсягами продажу книг.

В [3,4] наведені дані про індикатори суспільного розвитку і безпеки країн світу, які суттєво впливають на плин процесів глобалізації. До них відносяться:

- Індикатор державної нестабільності (SF – State Fragility Indicator), який характеризує рівень вразливості країни до зовнішніх та внутрішніх загроз і вираховується за допомогою 12 показників, що відображають рівень безпеки, політичної, економічної та соціальної стабільності країни, легітимність її законодавства, кількість конфліктів до яких вона причетна та інше. Цей індикатор був введений у Глобальній Доповіді про Конфлікти, Державне Управління та Державну Вразливість [6]. (SF, GS, CP, PTA, CC); (DI, GP, GINI, GDP)
- Індикатор демократизації (DI – Democracy Indicator) емпірично вираховує середній рівень 5 основних категорій з яких він складається: виборчий процес та плюралізм, рівень громадянської свободи, функціонування уряду, політична активність та рівень політичної культури. Цей індекс щорічно вираховується Economist Intelligence Unit - дослідницьким підрозділом дуже впливового британського видання The Economist для 167 країн світу [7].
- Індикатор миролюбності країни (GP – Global Peace Indicator) був вперше введений у 2008 році Economist Intelligence Unit для 140 країн світу. Індикатор підраховується з використанням 24 якісних та кількісних показників внутрішніх та зовнішніх факторів – від витрат країни на утримання армії до рівня відносин країни з сусідніми державами. Індикатор сприйняття за корупції та рівень потенційної загрози терористичних фактів є одними з показників Індексу миролюбності [8].
- Індикатор нерівності (GINI – Gini Indicator) вираховується для 177 країн і публікується у Доповіді ООН про людський розвиток (Human Development Report). Головна мета цього індикатору продемонструвати нерівність в отриманні доходів різними верствами населення [9].
- Валовий внутрішній продукт на душу населення (GDP) [10].
- Індикатор глобальної безпеки (GS – Indicator of global security), щороку оцінюється Українським відділенням Світового центру даних при Інституті прикладного системного аналізу Національної академії наук України та Міністерства освіти і науки України для 113 країн світу [11,12]. Він визначає ступінь вразливості країн до впливу сукупності глобальних загроз. До цих загроз відносяться наступні 10: глобальне зниження енергетичної безпеки; порушення балансу між біологічною можливістю Землі і потребами людства в біосфері та зміна демографічної структури світу; наростаюча нерівність між людьми і країнами на Землі; розповсюдження глобальних хвороб; дитяча смертність; наростання корупції; обмеженість доступу до питної води; глобальне потепління; державна нестабільність (вимірюється індикатором державної нестабільності – State Fragility Indicator); глобальні зміни клімату і природні катастрофи.
- Індикатор сприйняття корупції (CP – Indicator of corruption perception), щорічно визначається міжнародною організацією Transparency International [13] для 180 країн світу. Він змінюється від 0 до 10, де 0 – максимальний рівень корупції, 10 – мінімальний;
- Індикатор потенційної схильності до скоєння терористичних актів в країні (PTA – Index of potential terrorist acts), введений у Доповіді ООН про людський розвиток (Human Development Report). Головна мета даного індикатору продемонструвати ризик потенційного терористичного акту в країні дослідження [9].
- Індикатор контролю за нерозповсюдженням злочинності (CC – Crime Control Indicator) визначає співвідношення кількості всіх скоєних у країні злочинів до кількості ув'язнених осіб [9].

Наведені дані змінюються в різних діапазонах і мають різні фізичні розмірності, виконаємо їх нормалізацію з використанням співвідношення [4]:

ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТТЯ СОТРУДНИЧЕСТВА МЕЖДУ СТРАНАМИ ЮГО-ВОСТОЧНОЇ ЄВРОПИ В РАМКАХ ЧЕРНОМОРСЬКОГО ЕКОНОМІЧЕСЬКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА І ГУАМ

$$z_{i,j} = \frac{x_{i,j} - \bar{X}_j}{\sigma(X_j)} \quad (1)$$

де $\bar{X}_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_{i,j}}{n}$ – середнє значення показника; $\sigma(X_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{i,j} - \bar{X}_j)^2}$ – його стандартне відхилення. Нормалізовані в такий спосіб дані мають нульове середнє і одиничну дисперсію (табл. 1).

Таблиця 1

Дані для індексу глобалізації, його складових та чинників (вибірка для деяких країн)

Країна	Індекс глобалізації та його виміри				Складові глобалізації					Чинники (індикатори), що впливають на процес глобалізації							
	KOF	Ie	Ip	Is	AFLOW	REST	IFLOW	PRSCONT	CULTPROX	SF	DI	GP	PTA	GS	CC	CP	GINI
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Австрія	1,7	1,3	1,3	1,7	1,2	1,2	1,2	1,4	1,7	0,9	1,1	1,2	0,0	1,3	1,1	1,4	1,2
Бельгія	1,7	1,4	1,3	1,6	1,6	0,9	1,4	1,2	1,6	0,9	0,8	1,1	0,0	1,0	0,6	1,2	0,8
Канада	1,4	0,8	1,1	1,6	0,6	0,9	1,3	1,2	1,7	0,9	1,3	1,2	0,0	2,0	1,1	1,7	0,8
Швейцарія	1,6	0,9	1,1	1,8	1,3	0,3	1,4	1,6	1,7	0,7	1,2	1,2	1,1	1,5	0,6	1,8	0,7
Австралія	1,1	0,7	0,8	1,2	0,4	0,9	0,8	0,8	1,5	0,6	1,3	0,7	-0,5	1,7	0,7	1,6	0,5
Болгарія	0,6	1,0	0,6	0,1	1,1	0,7	0,8	-0,3	-0,1	0,9	0,3	0,1	1,1	0,4	-0,1	-0,3	1,2
Чехія	1,3	1,2	0,8	1,2	1,1	1,2	1,0	0,4	1,6	0,7	0,8	1,1	0,0	0,6	0,9	0,2	1,6
Аргентина	-0,4	-1,0	1,0	-0,4	-0,4	-1,5	0,0	-0,9	-0,1	0,6	0,0	0,1	1,1	0,3	-0,6	-0,8	-1,3
Чилі	0,5	1,1	0,7	-0,3	0,9	1,2	-0,2	-0,5	-0,1	0,6	0,7	0,9	1,1	0,7	1,0	1,0	-1,7
Німеччина	1,1	0,4	1,1	1,3	0,1	0,8	1,0	1,0	1,5	0,9	1,1	1,2	0,0	1,1	0,7	1,3	1,3
Бразилія	-0,4	-0,6	1,0	-0,8	-0,7	-0,5	-0,4	-1,4	-0,3	0,2	0,4	-0,5	1,1	-0,1	-1,7	-0,5	-1,9
Китай	-0,3	-0,7	0,6	-0,2	-0,8	-0,5	-0,4	-1,5	1,0	-0,8	-1,8	-0,1	1,1	-0,8	0,7	-0,5	-0,8
Данія	1,5	1,2	1,1	1,4	1,1	1,1	0,9	1,3	1,6	0,9	1,5	1,5	0,0	1,5	1,0	2,0	1,7
Іспанія	1,3	0,8	1,2	1,2	0,7	0,9	0,8	0,8	1,4	0,7	0,9	0,7	-0,5	0,9	0,8	0,8	0,6
Фінляндія	1,4	1,2	0,8	1,3	0,9	1,2	1,2	0,8	1,5	0,9	1,5	1,3	0,0	1,7	0,6	2,0	1,5
Франція	1,3	0,6	1,3	1,3	0,0	1,1	0,9	1,1	1,5	0,7	0,8	0,6	0,0	1,2	1,1	1,1	0,8
Ірландія	1,3	1,6	0,7	1,0	1,5	1,4	1,1	1,6	0,2	0,9	1,2	1,3	1,1	1,2	0,6	1,2	0,6
Великобританія	0,9	0,6	-0,5	1,4	0,2	1,1	0,9	1,1	1,6	0,6	0,8	0,4	-1,0	0,9	1,2	1,6	0,4
Угорщина	1,3	1,3	0,9	1,1	1,4	1,1	0,7	0,6	1,5	0,9	0,5	0,9	1,1	0,8	0,6	0,2	1,5
Ісландія	0,3	0,8	-1,7	0,6	1,2	0,3	0,5	1,2	0,0	0,9	1,6	1,9	1,1	0,3	0,9	1,9	0,2
Італія	1,0	0,4	1,3	1,0	0,2	0,7	0,6	0,6	1,3	0,9	0,6	0,7	0,0	0,9	0,2	0,2	0,4
Греція	0,6	0,4	1,0	0,4	-0,2	1,0	0,5	0,8	-0,1	0,9	0,8	0,2	0,0	0,7	0,6	-0,1	0,6
Ізраїль	0,3	1,0	-1,1	0,3	0,8	1,1	-0,2	0,9	0,0	-0,6	0,4	-2,7	-2,0	0,1	0,5	0,6	0,1
Єгипет	-0,4	-0,7	1,0	-0,6	-0,5	-0,8	-0,5	-0,7	-0,4	-1,1	-1,3	-0,1	-1,0	-0,4	1,1	-0,8	0,6
Ямайка	-0,1	0,6	-0,5	-0,5	0,7	0,4	-0,3	0,5	-1,1	0,4	0,4	-0,7	0,0	0,1	-2,2	-0,6	-0,6
Йорданія	0,3	0,2	0,5	0,2	0,8	-0,4	0,3	0,3	0,0	0,9	-1,3	0,0	-1,0	0,1	0,7	0,0	0,1
Японія	0,1	-0,8	0,8	0,5	-1,9	0,4	0,2	-0,4	1,3	0,9	0,8	1,5	1,1	1,2	1,0	1,2	1,7
Індонезія	-0,6	-0,2	0,5	-1,2	-0,7	0,3	-1,2	-1,7	-0,4	-0,6	-0,1	-0,1	-2,0	-0,6	-0,4	-1,0	0,6
Індія	-1,0	-1,4	1,0	-1,3	-1,5	-1,2	-1,4	-1,7	-0,4	-1,4	0,6	-1,0	-2,0	-0,9	-0,4	-0,5	0,3
Нідерланди	1,7	1,5	1,2	1,5	1,5	1,2	1,0	1,3	1,6	0,9	1,6	0,8	0,0	1,4	0,7	1,8	1,0
Норвегія	1,1	0,5	0,8	1,3	0,6	0,3	0,8	1,1	1,5	0,6	1,5	1,5	1,1	1,9	1,0	1,7	1,6
Португалія	1,4	1,0	1,1	1,3	0,7	1,2	1,1	1,0	1,4	0,9	0,8	1,3	0,0	1,0	1,1	0,7	0,2
Люксембург	1,3	1,5	0,1	1,1	1,7	1,0	1,4	1,8	0,1	0,9	1,3	1,2	0,0	1,3	0,8	1,6	0,2
Малайзія	0,5	0,6	0,4	0,2	1,2	-0,2	0,1	0,5	0,1	0,2	-0,3	0,6	0,0	0,1	0,3	0,1	-1,1
Польща	1,0	0,5	1,1	0,9	0,4	0,6	0,8	0,2	1,3	0,9	0,4	0,7	1,1	0,6	1,0	-0,2	0,6
Словаччина	1,2	1,1	0,4	1,2	0,8	1,3	1,3	0,6	1,4	0,7	0,4	0,9	1,1	0,7	0,4	0,1	1,6
Словенія	0,8	0,9	0,1	0,8	0,6	1,0	1,2	0,9	0,1	0,6	-0,3	0,7	0,0	1,1	1,7	1,9	-0,3
Словенія	0,8	0,9	0,1	0,8	0,6	1,0	1,2	0,9	0,1	0,9	0,7	1,1	1,1	1,0	1,0	1,9	1,3
Румунія	0,3	0,4	0,9	-0,1	0,0	0,8	0,3	-0,3	-0,2	0,2	0,5	0,8	1,1	-0,3	0,8	-0,4	1,0
Росія	0,1	-0,6	0,4	0,5	0,2	-1,4	0,6	-0,4	1,1	-0,3	-0,8	-2,0	0,0	-0,5	0,1	-1,0	0,0
Сполучені Штати	0,8	0,1	1,1	1,0	-0,9	1,0	0,5	0,6	1,5	0,6	0,8	-0,7	-1,5	0,5	2,2	1,0	-0,1
Швеція	1,5	1,3	1,2	1,3	1,1	1,2	0,7	1,2	1,6	0,9	1,7	1,2	1,1	1,9	0,6	1,9	1,7
Туреччина	-0,1	-0,3	1,0	-0,5	-0,7	0,2	-0,4	-0,5	-0,3	-0,6	-0,4	-1,1	0,0	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4
Україна	0,1	-0,2	0,5	0,1	0,0	-0,5	0,6	0,1	-0,3	0,1	0,2	-0,4	1,1	-0,2	0,0	-0,9	1,3
Туніс	-0,3	-0,3	0,6	-0,6	0,4	-1,0	0,2	-0,3	-1,3	0,1	-1,8	0,4	-1,0	0,1	1,0	-0,2	0,0

Мета цього дослідження полягає у встановленні на якісному рівні причинно-наслідкових залежностей між індексом глобалізації (I_g), його вимірами (I_e), (I_s), (I_p), та складовими і чинниками (індикаторами), а також у виявленні закономірностей впливу наведених чинників на процесі глобалізації на основі застосування байєсівських мереж довіри.

Базові означення і поняття

БМД уявляє собою спрямований ациклічний граф, кожна вершина якого асоціюється з дискретною випадковою величиною, яка може

приймати значення $X_i, i = \overline{1, n}$, а дуги визначають причинно-наслідкові зв'язки між випадковими величинами. З вершинами цього графа пов'язані таблиці умовних ймовірностей, розрахованих за формулою Байєса:

$$P(b|a) = \frac{P(a|b)P(b)}{P(a)}, \quad (2)$$

де a, b – випадкові події; $P(a), P(b)$ – ймовірності настання подій a, b , а $P(b|a), P(a|b)$ – умовні ймовірності цих подій.

Скориставшись термінологією гіпотез і свідочств, позначимо H подію, яка полягає в тому, що дана гіпотеза вірна, а \bar{E} – подію, яка полягає в тому, що існує певний доказ (свідочство), який може підтвердити правильність вказаної гіпотези. Тоді (2) можна переписати у вигляді:

$$P(H|E) = \frac{P(E|H)P(H)}{P(E|H)P(H) + P(E|\bar{H})P(\bar{H})}. \quad (3)$$

Співвідношення (3) встановлює зв'язок гіпотези зі свідочством і, в той же час, воно встановлює зв'язок спостережуваного свідочства з поки ще не підтвердженою гіпотезою. Ця інтерпретація передбачає також визначення апіорної ймовірності гіпотези, яка визначається ще до спостереження або прояву деякого факту.

Введення в БМД нових свідочств виду $E_i^j : X_i = x_i^j, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}$ призводить до присвоєння кожному висловлюванню виду $H_i^j : X_i = x_i^j, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}$ апостеріорної ймовірності (3), яка визначає ступінь довіри до цього висловлювання.

Для синтезу БМД на основі наведених даних про виміри, складові та чинники глобалізації потрібно вирішити два завдання.

Перше з них пов'язане з виділенням значущих змінних та визначенням причинно-наслідкових відносин на їхній множині і, як правило, вирішується із залученням експертів.

Друге завдання полягає у формуванні таблиць умовних ймовірностей, які асоціюються з вершинами графа БМД. Це завдання може вирішуватися на основі обчислення умовних ймовірностей за наявними експериментальними даними.

Слід зауважити, що якщо експериментальні дані представлені в інтервальних шкалах [5], як це є в нашому випадку, то необхідно провести їх дискретизацію, наприклад з використанням кластеризації методом k-середніх (k-means) [14]. На цьому етапі, по суті, і відбувається перехід від кількісних оцінок до якісних.

Якщо БМД побудована, то, задавши порогове значення довіри, можна визначити множину підтверджених гіпотез для різних наборів свідочств. Узагальнюючи ці дані, можна отримати якісну характеристику залежностей між вимірами, складовими та чинниками (індикаторами) глобалізації.

Особливість розглянутої моделі полягає в тому, що включення в неї несуттєвих змінних та причинно-наслідкових зв'язків призводить до значного зростання розмірності самої моделі. Отже, необхідно скоротити число вершин і дуг БМД, залишивши тільки істотні змінні і зв'язки між ними. Одним з можливих шляхів подолання зазначеної проблеми «розмірності» є застосування статистичного аналізу залежностей з використанням методів оцінки кореляцій [15] або розрахунку ентропії [16]. Зокрема, кореляційний аналіз дозволяє отримати оцінку лінійної залежності між змінними та визначити параметри лінійної моделі. Розрахунок умовної ентропії може використовуватися також і для індикації нелінійних залежностей, але при цьому він не дає ніякої інформації про вид такої залежності.

Синтез топології байсівських мереж довір

Починаючи побудову БМД для процесів глобалізації, з'ясуємо, які вихідні дані є доступними для аналізу на цій стадії.

Нам відомі кількісні оцінки, зведені в таблицю 1, які можна використати для обчислення матриць умовних ймовірностей. Це забезпечить успішний розв'язок задачі налаштування моделі БМД.

Також відомі деякі факти, пов'язані з причинно-наслідковими залежностями між змінними, що аналізуються. Наприклад, відомо, що індекс глобалізації має економічну, соціальну та політичну складові, для яких, в свою чергу, також відомі такі складові як AFLOW, REST, PRSCONT, IFLOW, CULTPROX. Також відомо, що показники CP та PTA є складовими GP. Така інформація може використовуватися під час визначення топології БМД, але деякі відомі залежності можуть не підтверджуватися статистично, або, навпаки, можуть бути виявлені нові залежності.

Таким чином, при синтезі топології БМД будемо спиратися на принцип, який полягає в тому, що в моделі відображаються відомі залежності та ті, що підтвержені статистично. Відносно останніх також буде необхідно виявити напрямок причинно-наслідкових відносин.

Для аналізу статистичного зв'язку між змінними пропонується використати їхні ентропійні оцінки, які можна отримати в результаті аналізу даних таблиці 1.

Нехай інформаційна ентропія дискретної випадкової величини $X_i, i = \overline{1, n}$ (один з показників із таблиці 1), яка може приймати значення $x_i^j, j = \overline{1, m_i}$ розраховується за формулою:

$$H(X_i) = \sum_{j=1}^{m_i} P(X_i = x_i^j) \log_2 P(X_i = x_i^j) \quad (4)$$

і є усередненою кількісною оцінкою ступеня невизначеності (несподіванки) настання подій, пов'язаних з тим, що змінна X_i приймає значення x_i^j . Зняття цієї невизначеності призводить до отримання інформації, тобто власна інформація змінної [17] визначається як:

$$I(X_i) = H(X_i). \quad (5)$$

Нехай також відома верхня оцінка власної інформації [18] $I(X_i) \leq I_{\max} = \log_2 m_i, i = \overline{1, n}$ (рівність досягається за умови).

Тоді, використовуючи співвідношення (4) та (5), можна визначити питому власну інформативність змінної:

$$I_s(X_i) = \frac{I(X_i)}{\log_2 m_i}. \quad (6)$$

Для кількісної характеристики взаємного впливу двох змінних скористаємося поняттям взаємної інформації [17]:

$$I(X_i; X_k) = H(X_i) - H(X_i | X_k), \quad (7)$$

де $H(X_i | X_k) = H(X_i X_k) - H(X_k)$ – умовна ентропія, що обчислюється на основі формул умовних ймовірностей і співвідношення (4).

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА МЕЖДУ СТРАНАМИ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ В РАМКАХ ЧЕРНОМОРСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА И ГУАМ

Згідно [17] взаємної інформацією є статистична функція двох випадкових величин, яка визначає кількість інформації, що міститься в одній випадковій величині відносно іншої. Для взаємної інформації виконується властивість симетричності: $I(X_i; X_k) = I(X_k; X_i)$; взаємна інформація незалежних змінних дорівнює нулю:

$I(X_i; X_k) = H(X_i) - H(X_i | X_k) = H(X_i) - H(X_i) = 0$; взаємна інформація $I(X_i; X_i)$ дорівнює власної інформації змінної:

$$I(X_i; X_i) = H(X_i) - H(X_i | X_i) = H(X_i) - 0 = H(X_i) = I(X_i).$$

Також відома верхня межа взаємної інформації:

$$I(X_i; X_j) \leq \min(H(X_i), H(X_j)). \quad (8)$$

Використовуючи формулу для взаємної інформації (7) і для її верхньої межі (8), можна визначити питому взаємну інформативність двох змінних:

$$I_s(X_i; X_k) = \frac{H(X_i) - H(X_i | X_k)}{\min(H(X_i), H(X_k))}. \quad (9)$$

Зрозуміло, що, $I_s(X_i; X_i) = 1$, а для незалежних змінних – $I_s(X_i; X_k) = 0$.

На основі даних таблиці 1 з використанням (9) були розраховані значення питомої взаємної інформативності для всіх пар змінних (табл 2).
Таблиця 2

Розраховані значення питомої взаємної інформативності

Змінні	KOF	Ie	Ip	Is	AFLOW	REST	IFLOW	PRSCONT	CULTPROX	SF	DI	GP	PTA	GS	CC	CP	GINI
KOF	1,00	0,68	0,40	0,68	0,60	0,56	0,60	0,48	0,64	0,56	0,52	0,44	0,44	0,56	0,56	0,56	0,40
Ie	0,68	1,00	0,28	0,52	0,68	0,60	0,48	0,52	0,56	0,44	0,40	0,40	0,40	0,48	0,48	0,48	0,32
Ip	0,40	0,28	1,00	0,32	0,32	0,36	0,28	0,28	0,48	0,40	0,28	0,40	0,48	0,40	0,36	0,36	0,36
Is	0,68	0,52	0,32	1,00	0,56	0,56	0,64	0,56	0,68	0,56	0,44	0,48	0,40	0,60	0,56	0,52	0,40
AFLOW	0,60	0,68	0,32	0,56	1,00	0,44	0,52	0,48	0,60	0,44	0,40	0,36	0,40	0,44	0,56	0,48	0,36
REST	0,56	0,60	0,36	0,56	0,44	1,00	0,48	0,44	0,56	0,48	0,52	0,44	0,40	0,52	0,52	0,60	0,36
IFLOW	0,60	0,48	0,28	0,64	0,52	0,48	1,00	0,52	0,56	0,48	0,36	0,44	0,36	0,56	0,44	0,44	0,32
PRSCONT	0,48	0,52	0,28	0,56	0,48	0,44	0,52	1,00	0,48	0,48	0,40	0,36	0,44	0,40	0,44	0,48	0,32
CULTPROX	0,64	0,56	0,48	0,68	0,60	0,56	0,56	0,48	1,00	0,56	0,52	0,48	0,48	0,64	0,52	0,56	0,44
SF	0,56	0,44	0,40	0,56	0,44	0,48	0,48	0,48	0,56	1,00	0,40	0,52	0,44	0,64	0,52	0,64	0,44
DI	0,52	0,40	0,28	0,44	0,40	0,52	0,36	0,40	0,52	0,40	1,00	0,48	0,52	0,52	0,52	0,52	0,44
GP	0,44	0,40	0,40	0,48	0,36	0,44	0,44	0,36	0,48	0,52	0,48	1,00	0,52	0,48	0,52	0,52	0,44
PTA	0,44	0,40	0,48	0,40	0,40	0,40	0,36	0,44	0,48	0,44	0,52	0,52	1,00	0,52	0,48	0,44	0,48
GS	0,56	0,48	0,40	0,60	0,44	0,52	0,56	0,40	0,64	0,64	0,52	0,48	0,52	1,00	0,64	0,52	0,40
CC	0,56	0,48	0,36	0,56	0,56	0,52	0,44	0,44	0,52	0,52	0,52	0,52	0,48	0,64	1,00	0,64	0,40
CP	0,56	0,48	0,36	0,52	0,48	0,60	0,44	0,48	0,56	0,64	0,52	0,52	0,44	0,52	0,64	1,00	0,32
GINI	0,40	0,32	0,36	0,40	0,36	0,36	0,32	0,32	0,44	0,44	0,44	0,44	0,48	0,40	0,40	0,32	1,00

Задамо порогове значення $I_{st}(X_i; X_k) \geq 0.5$ та виділимо істотні залежності між змінними, залишаючи лише ті, що відповідають відомим причинно-наслідковим залежностям (у таблиці 2 відповідні клітинки виділені жирним шрифтом).

Як бачимо з таблиці 2, за результатами аналізу статистичного зв'язку змінних маємо непідтверджені відношення між деякими з них. А саме, для виміру політичної глобалізації (Ip) ступінь зв'язку з індексом глобалізації (KOF) замалий, щоб бути включеним в модель, але у відповідності з задекларованим вище принципом ми відобразимо цей зв'язок у БМД. Також маємо результат, який полягає в тому, що GINI не має значного зв'язку з будь-яким показником. Отже ця змінна виключена з моделі.

З іншого боку, спостерігаємо що економічний (Ie) та соціальний (Is) виміри індексу глобалізації є взаємозалежними, оскільки на них впливають одночасно змінні AFLOW, REST, PRSCONT та CULTPROX.

Причинно-наслідкові зв'язки між складовими індексів глобалізації (AFLOW, REST, IFLOW, PRSCONT, CULTPROX) та індикаторами (SF, DI, GP, PTA, GS, CC, CP) визначаються згідно даних таблиці 2 в напрямку від індикаторів до складових.

Напрямок причинно-наслідкового зв'язків між індикаторами глобалізації визначені на основі даних таблиці 2 та експертних оцінок.

На рисунку 1 зображена топологія відповідної БМД.

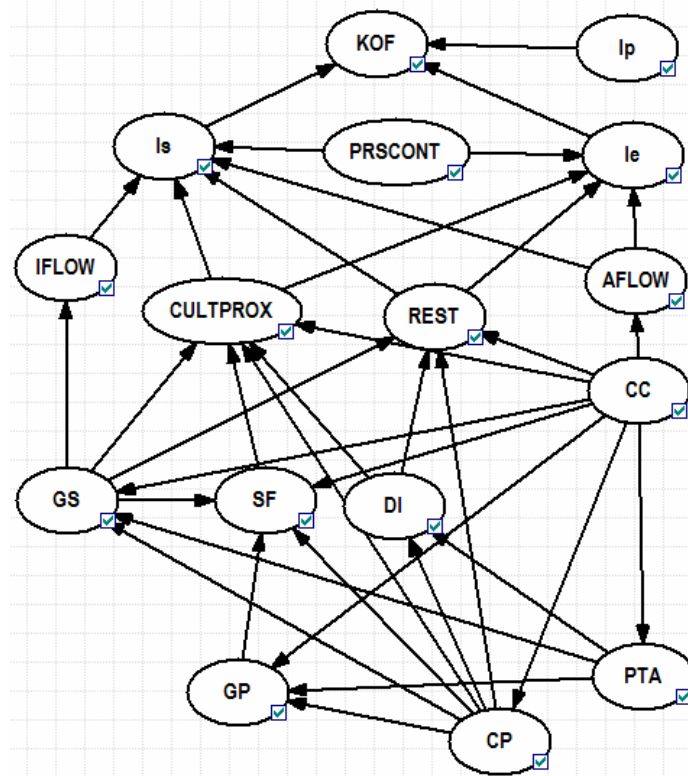


Рис. 1. БМД для аналізу залежностей між вимірами, складовими та індикаторами глобалізації

Моделювання причинно-наслідкових зв'язків між вимірами, складовими та індикаторами глобалізації

Кожна змінна з таблиці 1 у відповідності до власного діапазону значень була розбита на три дискретних рівня: низький (Н), середній (С) та високий (В).

Для побудови та налагодження БМД та перевірки наведених вище попередніх результатів в потоковому режимі використовувались пакет програм GeNIe 2.0 та бібліотека SMILE [19]. В результаті виконаного моделювання були перевірені гіпотези наступних видів.

Гіпотеза 1. Якщо відомі значення індексу глобалізації і його вимірів (KOF, Ie, Ip, Is), то можна зробити певні свідчення про те, яким чином вони впливають на значення решти складових та індикаторів глобалізації.

Гіпотеза 2. Якщо відомі значення складових індексів глобалізації (AFLOW, REST, IFLOW, PRSCONT), то можна зробити певні свідчення про те, яким чином вони впливають на значення індексів KOF, Ie, Ip, Is, а також індикаторів SF, DI, GP, PTA, GS, CC, CP.

Гіпотеза 3. Якщо відомі значення групи індикаторів, що визначають рівень безпеки країн (SF, GP, CC, CP), то можна зробити певні свідчення про те, яким чином вони впливають на індекси глобалізації та їхні складові, а також на решту індикаторів, що визначають соціальний стан країни (DI, PTA, GS).

Отримані результати моделювання складають таблицю з 768 рядків, яка через громіздкість не наводиться. Зрозуміло, що семантична інтерпретація результатів такого обсягу є практично неможливою.

Для узагальнення отриманих результатів скористаємося теоретико-множинним підходом [20], у відповідності до якого узагальнення фактів, заданих своїми специфікаціями, може бути отримано в результаті теоретико-множинних операцій на цих специфікаціях.

Поставимо у відповідність свідченням $E_i^j : (X_i = x_i^j)$ булеві функції:

$$f(E_i^j : X_i = x_i^j) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } P(E_i^j : X_i = x_i^j) \geq P_i; \\ 0, & \text{в іншому випадку} \end{cases}$$

де P_i – заданий поріг довіри.

Також визначимо $f(E_i^* : X_i = *)$ як функцію:

$$f(E_i^* : X_i = *) = \bigcup_{\forall x_i^j \in \{H, C, B\}} f_i^j(E_i^j : X_i = x_i^j).$$

де $X_i = *$ означає, що значення змінної X_i невідоме.

Тоді набору свідств $e = \langle E_1, E_2, \dots, E_n \rangle$ буде відповідати кон'юнкція виду

$$f(e) = \bigcap_{i=1}^n f(E_i),$$

а для гіпотези, яка підтверджена на множині наборів свідств $\{e_j\}, j = \overline{1, m}$, будемо мати: $f(H) = \bigcup_{j=1}^m f(e_j)$.

Застосовуючи до $f(H)$ правило імплікації і метод покриття Куайна-Мак-Класкі [21], можна отримати мінімальну множину, яка покриває усі набори свідств, на яких підтверджена гіпотеза.

Використання цього методу дозволило скоротити таблицю результатів до обсягу у 62 рядки.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА МЕЖДУ СТРАНАМИ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ В РАМКАХ ЧЕРНОМОРСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА И ГУАМ

Наведемо семантичну інтерпретацію результатів моделювання.

Перевірка гіпотези 1. Для семи країн з восьми, які мають середнє значення економічного та високе значення соціального вимірів індексу глобалізації (Канада, Австралія, Німеччина, Іспанія, Франція, Великобританія, Норвегія), так само, як і для країн з високим значенням індексу глобалізації та середнім значенням економічного виміру (Канада, Австралія, Німеччина, Іспанія, Франція, Італія, Норвегія) дані про фактичні потоки (AFLOW) мають середнє значення.

Для всіх країн, які мають низькі значення економічного та соціального вимірів індексу глобалізації (Аргентина, Шрі-Ланка, Сирія, Венесуела), спостерігаються низькі значення показника обмежень (REST) і середній рівень показника PRSCONT.

Для всіх країн з високим значенням економічного виміру та середнім рівнем соціального виміру (Бахрейн, Чилі, Ірландія, Естонія, Ізраїль, Мальта), так само, як і для всіх країн з середнім значенням індексу глобалізації і високим значенням економічного виміру (Бахрейн, Чилі, Естонія, Ізраїль, Мальта), спостерігається середнє значення показника культурної близькості.

Для 18 з 20 країн з високим значенням соціальної складової, а саме для Австрії, Бельгії, Канади, Швейцарії, Австралії, Чехії, Німеччини, Данії, Іспанії, Фінляндії, Франції, Великобританії, Угорщини, Нідерландів, Норвегії, Португалії, Словаччини, Швеції характерним є високе значення показника культурної близькості (CULTPROX).

Для всіх країн з високим значенням індексу глобалізації (Австрія, Бельгія, Канада, Швейцарія, Австралія, Чехія, Німеччина, Кіпр, Данія, Іспанія, Фінляндія, Франція, Ірландія, Угорщина, Італія, Нідерланди, Норвегія, Португалія, Люксембург, Словаччина, Швеція), так само, як і для країн з високим значенням соціального виміру (Австрія, Бельгія, Канада, Швейцарія, Австралія, Чехія, Німеччина, Кіпр, Данія, Іспанія, Фінляндія, Франція, Великобританія, Угорщина, Нідерланди, Норвегія, Португалія, Люксембург, Словаччина, Швеція) індекс державної нестабільності має низькі значення.

Перевірка гіпотези 2. Для країн з низькими значеннями всіх складових – AFLOW, REST, IFLOW, PRSCONT, а саме Бурунді, Беніну, Бангладешу, Камеруну, Індії, Кенії, Пакистану, Мадагаскару, Уганди) та для Шрі-Ланки, яка має середнє значення показника PRSCONT, спостерігається низький рівень економічного виміру індексу глобалізації.

Середні значення економічних складових глобалізації (AFLOW, REST) у поєднанні з низьким або середнім рівнем показника PRSCONT є свідченням того, що економічний вимір має середнє значення, що підтверджується для наступних країн: Бразилія, Китай, Колумбія, Гватемала, Індонезія, Нігерія, Австралія, Німеччина, Албанія, Коста-Ріка, Болівія, Ботсвана, Іспанія, Італія, Хорватія, Домін. Республіка, Єгипет, Ямайка, Йорданія, Гайана, Кувейт, Литва, Мексика, Маврикій, Польща, Нікарагуа, Перу, Оман, Філіппіни, Словенія, Словенія, Румунія, Парагвай, Туреччина, Україна, Ель Сальвадор, Тринідад і Тобаго, Уругвай, Таїланд, Туніс.

Якщо економічні складові глобалізації (AFLOW, REST) мають високі значення, а показник PRSCONT – середні або високі, то це свідчить про високий рівень економічного виміру глобалізації, що підтверджується для Чехії, Естонії, Угорщини, Австрії, Кіпру, Данії, Ірландії, Нідерландів, Люксембургу, Мальти, Швеції.

Свідченнями, які підтверджують низький рівень соціального виміру глобалізації можуть бути низькі значення показників AFLOW та PRSCONT, як, наприклад, для Бурунді, Беніну, Бангладешу, Камеруну, Індії, Кенії, Пакистану, Мадагаскару, Малаві, Танзанії, Уганди, або низькі значення показників REST, IFLOW та PRSCONT, як це спостерігається для країн Бурунді, Беніну, Бангладешу, Камеруну, Індії, Кенії, Пакистану, Мадагаскару, Малі, Чаду, Уганди.

Для таких країн, як Аргентина, Марокко, Росія, Сирія, Венесуела, які мають AFLOW=C, REST=H, IFLOW=C, PRSCONT=C, характерним є середній рівень соціального виміру глобалізації.

Високі значення показників REST та IFLOW є свідченням середнього і низького значення індикатора державної нестабільності, що підтверджується для таких країн, як Австрія, Чехія, Кіпр, Фінляндія, Ірландія, Естонія, Португалія, Люксембург, Латвія, Мальта, Нова Зеландія, Словаччина.

Перевірка гіпотези 3. Країнам з низьким значенням індикатора сприйняття корупції та середнім значенням індикатора контролю за нерозповсюдженням злочинності (Бурунді, Бангладеш, Кот Дівуар, Пакистан, Росія, Сирія, Зімбабве) властиве низьке значення показника обмежень REST.

Для восьми з дев'яти країн, що мають низькі значення індикаторів державної нестабільності та сприйняття корупції (Бурунді, Бангладеш, Кот Дівуар, Камерун, Кенія, Нігерія, Чад, Зімбабве) спостерігається низьке значення показника культурної близькості.

Для сорока восьми з п'ятидесяти країн з середнім значенням індикаторів державної нестабільності та сприйняття корупції, так само, як для країн з середнім значенням індикатора державної нестабільності та низьким значенням показника контролю за нерозповсюдженням злочинності (Бразилія, Колумбія, Домін. Республіка, Ямайка, Гватемала, Мексика, Парагвай, Ель Сальвадор, Тринідад і Тобаго, Венесуела), або для країн з середнім значенням індикатора сприйняття корупції та високим рівнем контролю за нерозповсюдженням злочинності (Бахрейн, Естонія, Єгипет, Кувейт, Португалія, Оман, Туніс) спостерігається середній рівень індикатора глобальної безпеки.

Щодо України, яка має середній рівень індикаторів державної нестабільності та сприйняття корупції, то підтверджується гіпотеза про середнє значення індикатора глобальної безпеки.

Висновки:

В роботі запропоновано і апробовано метод БМД для якісного аналізу залежностей та встановлення причинно-наслідкових зв'язків між вимірами, складовими та чинниками глобалізації. В результаті моделювання БМД та аналізу ентропійних характеристик змінних, підтверджена серія гіпотез про наявність причинно-наслідкових зв'язків між різними чинниками глобалізації, дані про які отримані з інших незалежних джерел.

Результати застосування методики забезпечили зменшення більш ніж у 12 разів обсягів даних при проведенні аналізу процесу глобалізації і надало можливість безпосередньо тлумачити отримані результати.

Наступний етап досліджень було б доцільно присвятити порівнянню методів БМД і багатовимірного статистичного аналізу для виявлення переваг і недоліків кожного з них та напрацювати рекомендації по їх практичному застосуванню при вирішенні складних соціо-економічних задач.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ:

1. KOF Index of Globalization. – <http://globalization.kof.ethz.ch/>.
2. The CSGR Globalisation Index. – <http://www2.warwick.ac.uk/fac/soc/csgr/index/>.
3. Zгуровський А.М. Research of globalization's interrupted character in context of social development and global security. Part 1. Analysis of pre-crisis period (up to second half of 2008), System Research and Information technologies, 2009, #2, p. 121-132.
4. О.М. Згуровський Дослідження переривистого характеру глобалізації в контексті суспільного розвитку та безпеки країн світу. Частина 2. Дослідження впливу кризових явищ 2008-2009 років., Системні дослідження та інформаційні технології, 2009 (у друку).
5. Pearl J. *Causality: Models, Reasoning, and Inference*, Cambridge University Press, 2-nd edition, 2009. – 463 p.
6. Monty G. Marshall and Jack Goldstone. Global Report on Conflict, Governance and State Fragility 2007, Foreign Policy Bulletin (2007), 17: 3-21 Cambridge University Press.
7. The Economist Intelligence Unit's Index of Democracy 2008.– <http://a330.g.akamai.net/7/330/25828/20081021185552/graphics.eiu.com/PDF>
8. Global Peace Index. – <http://www.visionofhumanity.org/gpi/results/rankings/2008/>
9. Human Development Report 2007/2008.–http://hdr.undp.org/en/media/hdr_20072008_en_complete.pdf
10. World Economic Outlook Database-April 2008, International Monetary Fund.
11. World Data Center «Geoinformatics and Sustainable Development?». – <http://wdc.org.ua/>.
12. Згуровський М.З., Гвішіані О. Д. – Глобальне моделювання процесів сталого розвитку в контексті якості і безпеки життя людей. К. Політехніка, 2008, – 331с.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА МЕЖДУ СТРАНАМИ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ В РАМКАХ ЧЕРНОМОРСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА И ГУАМ

13. The Transparency International Corruption Perceptions Index. – http://www.transparency.org/policy_research/surveys_indices/cpi/2009/cpi_2009_table.
14. J. A. Hartigan and M. A. Wong "A K-Means Clustering Algorithm" // Applied Statistics – 1979. – №28 – pp.100-108.
15. Айвазян С.А. и др. Прикладная статистика: Исследование зависимостей: Справ, изд. / С. А. Айвазян, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин; Под ред. С. А. Айвазяна. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 487 с.
16. Колмогоров А.Н. Три подхода к определению понятия “количество информации” // Проблемы передачи информации. – 1965. –1, №1 – С. 3-11.
17. Габидулин, Э. М., Пилипчук, Н. И. Лекции по теории информации. – М.: МФТИ, 2007.– 214 с.
18. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Изд. иностр. лит., 2002. – 830с.
19. The GeNIe (Graphical Network Interface) software package. – <http://genie.sis.pitt.edu/about.html>
20. Болдак А.А., Невдащенко М.В. Математический аппарат формализации моделей, используемых при проектировании информационных систем // Вісник КПІ. Серія «Інформатика, управління та обчислювальна техніка». – 2007. – №47. – С. 332-345.
21. Марков А. А. Элементы математической логики. М.: Изд-во МГУ, 1984. – 80с.

РЕЗЮМЕ

В статті наведені результати дослідження глобалізаційних процесів на онові використання інтегрованих показників, а також проаналізовано залежність цих інтегрованих показників від багатьох визначальних факторів, таких як стан демократизації суспільства, державна нестабільність, чутливість до корупції, тощо. Вплив наведених індикаторів на процеси глобалізації досліджено на якісному рівні з використанням байєсівських мереж довіри.

Ключові слова: глобалізація, транснаціональні корпорації, міжнародна кооперація, індекс глобалізації, індикатори суспільного розвитку, байєсівські мережі довіри

РЕЗЮМЕ

В статье приведены результаты исследования глобализационных процессов на основе использования интегрированных показателей, а также проанализирована зависимость этих интегрированных показателей от многих определяющих факторов, таких как состояние демократизации общества, государственная нестабильность, чувствительность к коррупции, и т.п. Влияние приведенных индикаторов на процессы глобализации исследовано на качественном уровне с использованием байесовских сетей доверия.

Ключевые слова: глобализация, транснациональные корпорации, международная кооперация, индекс глобализации, индикаторы общественного развития, байесовские сети доверия

SUMMARY

This article presents results of globalization processes research. This research is based on the integrated indicators using, and also dependence of these integrated indicators on many important factors (such as a condition of society democratisation, the state instability, sensitivity to corruption) are analysed. Influence of this indicators on globalisation processes is investigated at qualitative level with Bayesian networks using.

Keywords: globalisation, transnational corporations, the international cooperation, Index of Globalization, Social development indicators, Bayesian networks

THE MAIN ASPECTS OF MANAGEMENT OF BUSINESS GLOBALIZATION STRATEGIES

Gulua E., Assistant-Professor, PhD in Economics, TSU

Gigauri I., Doctoral candidate, TSU

The process of globalization created tremendous business opportunities and challenges. To expand the business through going into the global market is for many industries the main mean to survive. The globalization scales in the 21st century are greater than it was in all previous ages. However, obstacles are also more diverse and hard to overcome in order to penetrate into global market than they were in preceding centuries. Certainly, making business, in general, is getting difficult and of course, the penetration conditions into foreign markets are complicated.

A country or a business which aims to inculcate upon a market needs to possess competitive advantage knowledge and development strategy even at its starting stage. We should stress here that some industries gain more from the globalization than others, and some countries have more competitive advantages than others in the same industry.

The potential of industry in the global arena is determined by a specific characteristic of a particular country and the quality of the industry. The following three criteria are used to assess the industry: Local responsibility, Potential to share the international knowledge, and Global opportunities. (Figure I)

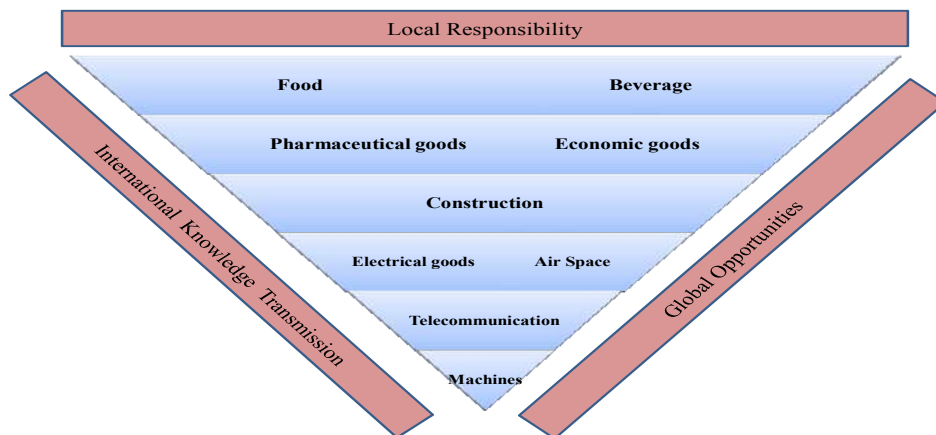


Figure I. Industry assessment criteria (1)