

## ОГЛЯД ЗАРУБІЖНОГО ДОСВІДУ ЩОДО ПІДГОТОВКИ STEM-ПЕРСОНАЛУ ДЛЯ «РОЗУМНОЇ» ПРОМИСЛОВОСТІ

### FOREIGN EXPERIENCE REVIEW OF THE STEM STAFF TRAINING FOR «SMART» INDUSTRY

*Статтю присвячено визначенню особливостей та зарубіжного досвіду щодо підготовки STEM персоналу. Особливу увагу приділено дослідженню проблем розвитку персоналу. Проаналізовано форми та методи залучення талановитої молоді до STEM освіти. Зроблено висновки відносно впливу автоматизації виробництва на підприємствах на процеси праці. Визначені роль та особливості взаємодії держави, бізнесу, навчальних закладів, суспільства та зовнішнього середовища у формуванні фахівців для «розумної» промисловості.*

**Ключові слова:** STEM персонал, підвищення кваліфікації, форми навчання, роль бізнесу, автоматизація процесів праці.

*Статья посвящена определению особенностей и зарубежного опыта подготовки STEM персонала. Особое внимание уделено исследованию проблем развития персонала. Проанализированы формы и методы привлечения талантливой молодежи в STEM образование. Сделаны выводы относительно влияния автоматизации производ-*

*ства на предприятиях на процессы труда. Определены роль и особенности взаимодействия государства, бизнеса, учебных заведений, общества и окружающей среды при формировании специалистов для «умной» промышленности.*

**Ключевые слова:** STEM персонал, повышение квалификации, формы обучения, роль бизнеса, автоматизация процессов труда.

*The article is devoted to the definition and characteristics of the STEM staff training foreign experience. Special attention is given to studying the problems of the staff development. The forms and methods of attracting talented young people in STEM education were analyzed. The conclusions regarding the impact of automation at the enterprises in the labor process were made. The role and peculiarities of government, business, education, society relationships and connectivity with environment in STEM staff training for «smart» industry were defined.*

**Key words:** STEM staff, training, forms of learning, the role of business, the automation of work processes.

УДК 658.3:331.1

**Руссиян О.А.**

к.е.н., старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділу фінансово-економічних проблем використання виробничого потенціалу Інститут економіки промисловості Національної академії наук України

**Постановка проблеми.** Економічне процвітання і впровадження технологічних інновацій у високорозвинених країнах світу взаємопов'язане з інвестиціями в освіту і підготовку STEM персоналу. У зарубіжних країнах так називають робітників, здатних оперативно розробляти та освоювати авангардні «смарт» технології з метою наближення до четвертої промислової революції (Industry 4.0), яка характеризується поєднанням таких технологій, як адитивне виробництво (3-D друк), автоматизація, цифрові послуги та інтернет речей і т.д. Американськими вченими ще у 2013 р. здійснювалися прогнози щодо комп'ютеризації та роботизації 47% всіх професій за найближчі 20 років. У 2014 р. такі ж результати було отримано у Нідерландах, де почали обговорювати загрози виникнення технологічного безробіття [1]. В умовах глобалізації та віртуалізації праці, дистанційної роботи статичні професії замінюються динамічними ролями, завданнями та проектами, які постійно переміщуються та модифікуються. Все це значним чином змінює зміст праці та вимоги до підготовки персоналу, здатного розробляти та обслуговувати нові технології. Виникає значна потреба у висококваліфікованих працівниках у сфері інформаційно-комунікаційних технологій, що обумовлює актуальність підготовки STEM фахівців.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Про усвідомлення ролі STEM персоналу для ефективного переходу до «смарт» виробництва свідчить посилення уваги відомих зарубіжних учених до цієї проблеми. Дослідженням питань підготовки кваліфікованих кадрів для «розумної» промисловості займаються такі зарубіжні вчені: D. Bosch

[1], L. Friedman [2], J. Freeman, R. Dorph, B. Chi [3], S.K. Junge, S.S. Manglalln [4], R. Mahacek, St. Worker [5], M.N. Norman, J.C. Jordan [6], K. Takahashi, K. Roberts, S. Brown, Hye-Jin Park, R. Stodden [7], Cinda-Sue Davis, S.J. Edward, D. Koch G. Meadows, D. Scott [8], M.Jackson [10]. Цими авторами переважно розглядалися питання щодо організації STEM освіти: вдосконалення освітніх програм, форм та методів навчання. Досвід країн-лідерів у сфері підготовки STEM-персоналу представлено у доповідях [9,11,12,21]. Особливості взаємодії університетів з бізнесом, державою, суспільством та зовнішнім середовищем розкрито у роботах: H. Etzkowitz, L. Leydesdorff [13,15], H. Balzer, J. Askonas [14], E.G. Carayannis, D.F.J. Campbell [16,17], M. Gibbons, C. Limoges, H. Nowotny, S. Schwartzman, P. Scott, M. Trow [18], C. Nauwelaers, A. Kleibrink, K. Stancova [19], E.G. Carayannis, T.D. Barth, D.F. Campbell [20].

Питання підготовки STEM персоналу для «смарт» виробництва розглядаються такими ученими та практиками: A. Jennings [22,23], M. Hasan, Z. Sarrae [24], U. Holtgrewe [25], H. Kagermann [26], J. Howe [27], M. Marchington, D. Grimshaw, J. Rubery, H. Willmott [28], L. Lynn, H. Salzman [29]. Перспективним є узагальнення досвіду не тільки у сфері підготовки STEM персоналу університетами чи підприємствами, але й створення відповідної інфраструктури з метою адаптації діючого персоналу підприємств до динамічних змін у «смарт»середовищі.

**Постановка завдання.** Метою дослідження є узагальнення досвіду зарубіжних країн щодо підготовки STEM персоналу для «розумної» промисловості, а

також визначення перспективних напрямів у сфері підготовки кваліфікованих працівників та подолання негативних наслідків автоматизації для ринку праці.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Зарубіжними країнами здійснюється комплекс цілеспрямованих робіт системного характеру з метою вирішення проблеми підготовки висококваліфікованих кадрів для «розумної» промисловості. У Великобританії 42% роботодавців мають складнощі щодо прийому кадрів необхідної кваліфікації [10]. Роботодавці всієї Європи скаржаться на прогалини технічних і нетехнічних навичок і потреб у підготовці випускників [25]. Так, у США значна увага приділяється питанням удосконалення наукової освіти і навчання. Загальнодержавною науковою радою США в 2009 р. підкреслювалася особлива важливість і цінність неформального досвіду, що забезпечується позашкільними програмами. Коаліція позашкільного навчання в 2007 р. акцентувала увагу на тому, що позашкільні програми мають характеристики, що роблять їх однозначно придатними для забезпечення багатим науковим досвідом. Коаліція позашкільного навчання – це стратегічний альянс між індивідуумами і організаціями у сфері STEM освіти, розвитку молоді та позашкільних освітніх програм. Основна місія коаліції полягає в координації, мобілізації учасників і розширенні можливостей молоді для навчання наукам у позакласний час. Підготовка здійснюється на основі розвитку практичних навичок, представлених у моделі «Quality Triangle.» Пропонуються різноманітні стратегії розвитку STEM персоналу відповідно до завдань і цілей підприємств [2]. Коаліція позашкільного навчання наголошує на тому, що цілі підвищення якості наукових програм позашкільної освіти не можуть бути досягнуті без інвестицій у будівництво високопродуктивного штату співробітників системи позашкільної освіти. Трансформація існуючого особистісного складу позашкільних інструкторів в ефективний допоміжний персонал для STEM навчання вимагатиме значної уваги до питання інвестицій в розвиток кадрів [3].

S.K. Junge та S.S. Manglalln підкреслюють особливу важливість наявності добре підготовленого персоналу для неформального навчання молоді відповідно до програм STEM [4]. Авторами було узагальнено результати підготовки кадрів для позашкільного навчання STEM персоналу. Після навчальної програми, викладачі підвищили рівень знання і розуміння питань підготовки STEM персоналу. В основу прогресивних навчальних методик даного напрямку покладені принципи концепції 4H освіти [4,5]. Концепція передбачає навчання на основі практичних дій (Learn by doing). M.N. Norman та J.C. Jordan характеризують складові даної концепції: знання, аналітичне мислення, творчі здібності; особистісні, соціальні здібності; професійно-технічні знання, соціальна відповідальність; працездатність і фізичний розвиток [6].

У США концепція 4-H заклала основи неформальної наукової освіти. Її принципи еволюціонували і закріплювалися в ряді навчальних програм. Особливий інтерес у сфері підготовки STEM персоналу пред-

ставляє її компонент Junk Drawer Robotics. Він розроблений Каліфорнійським університетом і уточнював, розширював, удосконалював більш ранні роботи з робототехніки. Передбачено чотири ефективних практики: акцент на професійних навичках у науці, інженерії та технологічних процесах; використання навчання; конструювання занять в експериментальному навчальному циклі і заохочення досліджень; навчання невеликими групами студентів різного віку. Представлена методика підготовки STEM персоналу характеризується наявністю зворотного зв'язку зі студентами. Роботи щодо підготовки STEM персоналу здійснюються на основі використання різних форм навчання: інтеграція програм 4-H у шкільну і у позакласну програми, можливість поєднувати практичні заняття і навчальний курс 4-H у шкільному та позашкільному навчанні (ці програми доступні для початкової та середньої шкіл [4]; створення 4 H клубів, які працюють за встановленими програмами і пропонують можливості міждисциплінарного освіти для самостійної молоді (клуби можуть збиратися в різних місцях і зазвичай працюють вечорами і на вихідних); сучасні 4 H табори пропонують оздоровчі та освітні можливості, спілкування з новими людьми, отримання практичного досвіду; активно формуються різні коаліції та альянси, спрямовані на роботу з певною категорією студентів [7]; створюються STEM академії при університетах і розробляються спеціальні програми для вищої школи [8]. Безумовно, що прогресивні методи навчання та підготовки мають важливе значення та підтвердили на практиці свою результативність, але освітні та наукові організації не здатні вирішувати питання щодо підготовки STEM персоналу для промислового сектору без налагодження ефективної взаємодії з бізнесом, державою, суспільством (наприклад, студентами, робітниками) та зовнішнім середовищем. Огляд досвіду зарубіжних країн, що відносяться до лідерів у сфері підготовки персоналу для «розумної» промисловості вказує на наявність перспективних напрямків у цій сфері (табл. 1). Досвід Нідерландів, Данії та Великобританії вказує на посилення значення ефективної взаємодії бізнесу, влади, університетів, а також студентів та працівників з метою задоволення потреб ринку праці у кваліфікованих STEM фахівцях.

Співпраця між промисловістю і навчальними закладами сприятиме створенню навчальних програм, які є динамічними і мають відношення до поточних потреб галузі [12]. У роботі [19] розкрито роль наукових та технологічних парків у реалізації спеціалізованих «смайт» стратегій. В економіці знань зарубіжних країн активно використовується концепція потрійної спіралі (Triple Helix) для забезпечення інноваційного співробітництва промислових підприємств, університетів та держави, посилення ролі університетів у взаємодії з бізнесом та владою, а також для обміну ролями між цими інститутами (створення підприємницьких університетів, бізнес-інкубаторів, технопарків, венчурних фірм і т.д.) [13]. У Китаї та Росії здійснювались ініціативи у зазначеному напрямі, у

т.ч. вирішувались завдання підготовки кваліфікованих кадрів [14,15]. Розвиток цієї моделі виявився у розробці концепції – так званої чотириланкової спіралі (Quadruple Helix), яка поряд з університетами, промисловістю і державою ключову роль в інноваційному процесі віддає суспільству, що нерідко є кінцевим споживачем інновацій [16]. Вдосконалення цієї моделі знайшло відображення у концепції п'ятиланкової спіралі (Quintuple Helix), яка нарешті формує знання та інновації в контексті зовнішнього середовища. Ця модель може бути інтерпретованою, як підхід відповідно до принципів стійкого розвитку та соціальної екології [17].

На прикладі досвіду Фінляндії, Англії та Нідерландів показано внесок наукових та технологічних парків у розробці інноваційних стратегій. У рамках цієї інноваційної моделі природні середовища, суспільства та економіки також повинні розглядатися як драйвери генерації знань, інновацій та формування можливості для економіки знань. Модель Quintuple Helix підтримує формування взаємовигідної ситуації між екологією, знаннями та інноваціями, забезпечуючи погодженість між економікою, суспільством та демографією [20].

Перехід від моделі Triple Helix до Quintuple Helix відображає зростання прогресу знань. Всі три елементи приймають на себе ролі інших учасників [18]. Концепція Quintuple Helix є найбільш розвиненою та розглядає майбутній прогрес як стабільний баланс між розвитком суспільства та економіки з їх природним середовищем. У рамках концепції Quintuple Helix з'являються такі прогресивні форми кооперації, як: мережі бізнес-інкубаторів, мережі знань, мережі акселераторів, co-working центри, креативні індустрії, лофти [16]. Реалізація цього підходу потребує заохочення до міждисциплінарного мислення та навчання. Ускладнення моделей інноваційного розвитку також пов'язано з «смарт» розвитком промисловості, що передбачає створення гнучких виробництв та поширення ролі знань, інновацій та інформаційно-комуні-

каційних технологій. Це вимагає орієнтації управління виробництвом на основі розвитку STEM освіти, системної підготовки інженерно-технічних та наукових висококваліфікованих кадрів, розповсюдження інновацій та знань у межах країни.

Для забезпечення гнучкості промислових підприємств важливе значення має гнучкість персоналу, тобто можливість налаштовуватися на швидкі зміни виробничих потреб, що зумовлює постійне коригування вимог до кваліфікації та знань персоналу. У повідомленні Єврокомісії «Europe 2020: A strategy for smart, sustainable and inclusive growth» [21] вирішення цього завдання пов'язують із впровадженням принципів балансу гарантії зайнятості та гнучкості ринку праці (flexicurity principles), що надає можливість людям отримувати нову кваліфікацію, потенційне кар'єрне зростання та адаптуватися до нових умов. З метою забезпечення внутрішньої мобільності на ринку праці та максимального задоволення попиту на кваліфіковану робочу силу здійснюється державна підтримка у формі фінансових асигнувань зі структурних фондів, особливо з Європейського соціального фонду (European Social Fund, ESF). Створюються гнучкі взаємозв'язки між освітніми та професійними закладами, соціальними партнерами та експертами, що сприяє реалізації стратегії безперервного навчання персоналу на протязі всього трудового життя (life-long learning).

Як зазначає Адріан Дженінг, віце-президент Ubisenes, що є постачальником програмного забезпечення в галузі промислових підприємств та інтернету речей (IoT), однією з проблем щодо впровадження Industry 4.0 є небажання людей змінюватися [22]. Найбільш важливою для IoT є можливість отримання в реальному часі інформації про стан будь-якого процесу чи продукту у ланцюгу вартості (від замовлення до відвантаження готової продукції). Саме цим має забезпечуватися можливість гнучкості. Відповідно до цього мають змінюватися підходи до управління персоналом. Серед необхідних характеристик управ-

Таблиця 1

**Особливості підготовки STEM персоналу для «розумної» промисловості у зарубіжних країнах**

Країна	Особливості взаємодії	Особливості підготовки
Нідерланди [9, 11]	організація «польових лабораторій» для взаємодії бізнесу та університетів, шкіл; залучення бізнесу, держави, науково-освітніх закладів, а також посередницьких організацій (торгівельно-промислових об'єднань та організацій, торговельних плат та регіональних агентств з питань розвитку) до підготовки персоналу	розвиток людського капіталу всередині компаній (ротація, курси підвищення кваліфікації), планування соціальних інновацій безперервне навчання, розвиток технічних навичок, креативності, кооперації та підприємливості персоналу
Великобританія [10]	співпраця університетів, підприємств, програми вищої освіти з урахуванням попиту на ринку праці, забезпечення задоволеності усіх учасників системи професійного навчання: держави, роботодавців та студентів	розробка та реалізація стимулюючих наставницьких програм в галузі інженерії, спонсорська допомога підприємств та партнерських організацій, фінансування державою спеціалізованих коледжів
Данія [24,25,26]	особливе значення мають такі взаємодії: людина-людина, людина-машина, машина-машина, орієнтація на навчання людей працювати з новими технологіями, залучення всіх груп робітників до співпраці з іншими організаціями, створення мережевих організацій, що мають представників промисловості, університетів та уряду	розвиток нетехнічних навичок та компетенцій, (англійської мови, проектного менеджменту та організаційних вмінь, досвіду командної роботи та комунікаційних навичок), удосконалення навичок міжособистісного спілкування персоналу, підготовка широкопрофільного персоналу

лінців він виокремлюються такі: вміння мислити на перспективу (forward thinking), бути відкритими до співробітництва (be cooperative), бути готовими підтримати та взяти участь (be supportive), бути готовим до об'єднання (be collaborative) [23].

Інвестиції у людські ресурси можуть здійснюватися шляхом навчання діючого персоналу чи прийому на роботу нового [24]. Усі групи робітників у організації, особливо нові та молоді люди, важливі під час впровадження концепції «смарт» виробництва. У роботі [25] окреслено тенденції у сфері змін вимог до кваліфікації персоналу під впливом трансформацій у секторі інформаційних та комунікаційних технологій (ICT). Реструктуризація, аутсорсинг та офшоринг залишаються характеристиками ICT сектору протягом ряду років. Це також позначається на особливостях організації та планування праці персоналу: розвиваються нові функції та посади робітників для взаємодії та співпраці між організаціями. Також представлено можливості краудсорсингу, що передбачає залучення до вирішення тих чи інших проблем інноваційної виробничої діяльності широкого кола осіб для використання їх творчих здібностей, знань, досвіду на основі субпідрядних робіт чи на добровільних засадах з використанням інформаційно-комунікаційних технологій [27].

Дослідження шляхів управління зайнятстю поза межами організації дозволило виділити такі форми [28]: державно-приватне партнерство, франчайзинг, агентства та інші форми міжфірмової договірної взаємодії впливають на процес праці та зайнятості, а також описується досвід щодо використання цих важливих організаційних форм. При цьому рішення щодо розподілу робіт між організаціями не завжди мотивується економічно. У таких рішеннях також грає роль: тиск фінансових ринків, приклади конкурентів та мода в управлінні [29]. Робітники, що використовують хмарові сервіси, повинні організувати їх робочий простір, прибори та матеріали, соціальні взаємовідносини. Це може призвести до більш непередбачуваного дистанційного робочого середовища, а також збільшеного обсягу та зростаючих потреб координації, погодження і обговорення. Інструменти, що дозволяють забезпечити віртуальну взаємодію і управління знаннями повинні бути доповнені соціально сталими режимами спільної роботи, і обидва аспекти повинні враховувати один одного [25].

D. Bosch доводить, що «смарт» промисловість надає позитивні ефекти на характеристики праці [1]. Вона стає більш різнонаправленою та містить різноманітні завдання. Автоматизація рутинних завдань може вивільнити час для виконання іншої роботи, а тому попит на промисловий персонал має збільшитися. У змінах посадових обов'язків та проектуванні трудових процесів мають брати участь не тільки керівники та менеджери, але й персонал. Окрім п'яти традиційних характеристик (розмаїття кваліфікації, виокремлення завдання, вагомість завдання, самостійність та взаємодія у роботі), в умовах «смарт» виробництва доцільним є введення у модель Job characteristics model

(JCM) ситуаційних (контекстуальних) та соціальних характеристик. Ситуаційні фактори (галузь промисловості, тип організації і т.д.) є дуже важливими. В умовах «смарт» виробництва особливо актуальними є такі характеристики: галузь (професійне середовище), взаємодії поза організацією, взаємозв'язки, соціальна підтримка, стиль управління та керівництво. Автоматизація виробництва призводить до спрощення методів праці, а тому інструменти проектування трудового процесу (ротація посад, робіт, укрупнення технологічних операцій, розширення посадових обов'язків) можуть попереджати та протидіяти цьому спрощенню, а у дійсності це має призводити до виникнення більшої різноманітності процесів та посад. Планування трудового процесу та посадових обов'язків може бути важливою практикою кадрових служб у період розвитку «смарт» промисловості з метою подолання негативних наслідків автоматизації.

**Висновки з проведеного дослідження.** Таким чином, огляд зарубіжного досвіду щодо підготовки STEM персоналу для «розумної» промисловості дозволив виявити такі тенденції та зробити висновки:

зростання попиту на кваліфікованих STEM фахівців (особливо на робітників в сфері ICT) зумовлено активним розвитком «смарт» промисловості; дефіцит STEM персоналу визначається всіма розглянутими країнами, перш за все це стосується ICT робітників;

аналіз підтвердив недостатність реформуванням виключно системи освіти для забезпечення якісної підготовки STEM фахівців у встановлені строки, але важливим є впровадження принципів безперервного навчання та посилення зв'язків теорії з практикою шляхом залучення представників «смарт» підприємств до процесів формування навчальних програм та підготовки кадрів;

вирішення проблем підготовки персоналу для роботи на «смарт» підприємствах зарубіжними країнами здійснюється з урахуванням інституційних умов, політики уряду, активності підприємств, науково-освітніх закладів, зацікавленості студентів;

вдосконалення інноваційних процесів на основі ICT з дотриманням принципів екологічності, безпеки, якості, оперативності є характерним для «смарт» підприємств та демонструє найбільш високу ефективність застосування комплексних підходів до їх управління, одним з яких визначено Quintuple Helix;

перспективною виявляється підготовка STEM персоналу з урахуванням принципів моделі Quintuple Helix, що передбачає комплекс спільних дій уряду, підприємств, науково-освітніх закладів, а також з урахуванням інтересів студентів, робітників та споживачів послуг, особливостей зовнішнього природного середовища для виробництва знань;

застосування мережецентричного підходу, цифрової інформації та комунікацій, нового покоління виробничих технологій на «смарт» підприємствах значним чином змінює зміст праці та призводить до появи нових її форм: аутсорсингу, офшорингу, краудсорсингу та віртуалізації праці на основі дистанційної роботи команди фрілансерів; поряд з перевагами щодо міні-

мізації витрат на утримання та підбір кваліфікованих кадрів, ці форми доцільно використовувати досить обачливо, бо вони не гарантують максимальну конфіденційність та безпеку інформації, а також не позбавлені певних обмежень стосовно перспектив довгострокового співробітництва, дотримання принципів корпоративної культури та етики і т.д;

аналіз впливу процесів автоматизації та комп'ютеризації на зміст праці на «сма́рт» підприємствах підтвердив те, що функціональні обов'язки робітників та посади мають значно змінитися в результаті автоматизації великої кількості рутинних операцій; підвищення продуктивності призведе до створення нових робочих місць та появи нових професій, тобто ризику щодо технологічного безробіття в результаті автоматизації не можна вважати виправданими.

важливе значення має завчасна підготовка підприємств до впровадження концепції «сма́рт» виробництва; реалізація проактивного підходу до управління персоналом дозволить мінімізувати негативні наслідки змін для робітників та підприємства; завчасне розуміння керівництвом та персоналом особливостей зміну складу операцій та функціональних обов'язків під впливом автоматизації дозволить максимального ефективно використати існуючу кадрову структуру в умовах «сма́рт» виробництва та мінімізувати витрати підприємства.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Bosch, D. (2016) Job characteristics in smart industries and the challenges for job design. Master Thesis. University of Twente. [online] Available at: <http://essay.utwente.nl/71526>.
2. Friedman, L. (2005) Where is afterschool headed and how do science learning opportunities fit into the afterschool landscape. New York: The afterschool Corporation.
3. Freeman, J., Dorph, R., Chi, B. (2009) Strengthening afterschool STEM staff development. Berkeley, CA: Lawrence Hall of Science, University of California. p.34.
4. Junge, S.K., Manglall, S.S. (2011) Professional Development Increases Afterschool Staff's Confidence and Competence in Delivering Science, Engineering and Technology. Advances in Youth Development Programming Research and Evaluation from the University of California Cooperative Extension 2001-2010. California: The University of California. pp.73-81.
5. Mahacek, R., Worker, St. (2011) Extending Science Education with Engineering and Technology: Junk Drawer Robotics Curriculum. Advances in Youth Development Programming Research and Evaluation from the University of California Cooperative Extension 2001-2010. California: The University of California. pp.49-60.
6. Targeting Life Skills In 4-H. [online] Available at: [http://3t61of1t6u3x3af7ir2y91ib.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2016/02/101.9\\_Targeting\\_Life\\_Skills.pdf](http://3t61of1t6u3x3af7ir2y91ib.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2016/02/101.9_Targeting_Life_Skills.pdf).
7. Takahashi, K., Roberts, K., Brown, S., Park, Hye-Jin, Et al. Preparing Young Adult with Disabilities for STEM Careers: The Pacific Alliance Model. University of Minnesota [online] Available at: <https://ici.umn.edu/>

<products/impact/251/12.html>.

8. Davis, Cinda-Sue, Edward S.J., Koch, D., Meadows, G., Et al. (2011) Making Academic Progress: The University of Michigan STEM Academy. Women in Engineering ProActive Network. [online] Available at: <https://journals.psu.edu/wepan/article/viewFile/58555/58243>.

9. Action Agenda Smart Industry. The Netherlands [online] Available at: <https://inteliments.com/en/company/smart-industry>.

10. Jackson, M. (2014) Development of the Inspire Engineering Mentoring Program (Doctoral dissertation, Worcester Polytechnic Institute). [online] Available at: [https://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-050114-171223/unrestricted/LTM\\_IQP\\_Report.pdf](https://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-050114-171223/unrestricted/LTM_IQP_Report.pdf).

11. Smart Industry. Dutch industry fit for the future (2014) p.33. [online] Available at: <https://inteliments.com/en/company/smart-industry>.

12. Implementing 21st Century Smart Manufacturing (2011) Workshop Summary Report Prepared by SMLC. p.36.

13. Etzkowitz, H. (2008) The Triple Helix. University-Industry-Government. Innovation in Action. New York and London. Routledge.

14. Balzer, H., Askonas, J. (2016) The Triple Helix after communism: Russia and China compared. Triple Helix. A Journal of University-Industry-Government Innovation and Entrepreneurship. 3(1).1. [online] Available at: <http://triplehelixjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40604-015-0031-4>.

15. Etzkowitz, H., Leydesdorff, L. (2000) The dynamics of innovation: from National Systems and «Mode 2» to a Triple Helix of university–industry–government relations. Research Policy. 29 (2). pp.109-123.

16. Carayannis, E.G, Campbell, D.F.J. (2012) Mode 3 Knowledge Production in Quadruple Helix Innovation Systems. Springer Briefs in Business 7.

17. Carayannis Elias G., Campbell David F.J. Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and How Do Knowledge, Innovation and the Environment Relate to Each Other?

18. Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S. Et al. (1994). The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies. London.

19. Nauwelaers, C., Kleibrink, A., Stancova, K. (2014) The Role of Science Parks in Smart Specialisation Strategies. European Union. p.25.

20. Carayannis, E.G., Barth, T.D., Campbell, D.F. (2012) The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. Journal of Innovation and Entrepreneurship. A Systems View Across Time and Space.1:2.

21. European Commission (2010) Communication from the Commission Europe 2020. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. Brussels. COM (2010) 2020. p.26.

22. Jennings, A. The promise and the risks of IIoT and Industry 4.0 [online] Available at: <http://www.plantengineering.com/single-article/the-promise-and-the-risks-of-iiot-and-industry-40/0e19866cc3ffa06bb320f064fcc9d646.html>.

23. Adrian Jennings Visibility in manufacturing: the path to the Industry 4.0 [online] Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=AoQginsw9Go>.

24. Moein Hasan, Zadeh Saraei How can companies start implementing the Smart Industry concept? [online] Available at: <http://www.hightech.nl/mensen/smart-industry>.

25. Holtgrewe, U. (2014) New technologies: the future and the present of work in information and communication technology. *New technology, work and employment*. 29(1). pp.9-24.

26. Kagermann, H. (2015) *Change Through Digitization – Value Creation in the Age of Industry 4.0. Management of Permanent Change*. Springer. pp.23-45.

27. Howe, J. (2008) *Crowdsourcing: How the power of the crowd is driving the future of business*. Random House.

28. Marchington M., Grimshaw D., Rubery J., Willmott H. (2005) *Fragmenting Work: Blurring organisational boundaries and disordering hierarchies*. Oxford: Oxford University Press.

29. Lynn, L., Salzman, H. (2007) «Innovation Shift» to the Emerging Economies: Cases from the IT and Heavy Industries. *Sloan Industry Studies*.

**REFERENCES:**

1. Bosch, D. (2016) Job characteristics in smart industries and the challenges for job design. Master Thesis. University of Twente. [online] Available at: <http://essay.utwente.nl/71526>.

2. Friedman, L. (2005) Where is afterschool headed and how do science learning opportunities fit into the afterschool landscape. New York: The afterschool Corporation.

3. Freeman, J., Dorph, R., Chi, B. (2009) *Strengthening afterschool STEM staff development*. Berkeley, CA: Lawrence Hall of Science, University of California. p.34.

4. Junge, S.K., Manglalln, S.S. (2011) Professional Development Increases Afterschool Staff's Confidence and Competence in Delivering Science, Engineering and Technology. *Advances in Youth Development Programming Research and Evaluation from the University of California Cooperative Extension 2001-2010*. California: The University of California. pp.73-81.

5. Mahacek, R., Worker, St. (2011) Extending Science Education with Engineering and Technology: Junk Drawer Robotics Curriculum. *Advances in Youth Development Programming Research and Evaluation from the University of California Cooperative Extension 2001-2010*. California: The University of California. pp.49-60.

6. Targeting Life Skills In 4-H. [online] Available at: [http://3t61of1t6u3x3af7ir2y91ib.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2016/02/101.9\\_Targeting\\_Life\\_Skills.pdf](http://3t61of1t6u3x3af7ir2y91ib.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2016/02/101.9_Targeting_Life_Skills.pdf).

7. Takahashi, K., Roberts, K., Brown, S., Park, Hye-Jin, Et al. Preparing Young Adult with Disabilities for STEM Careers: The Pacific Alliance Model. University of Minnesota [online] Available at: <https://ici.umn.edu/products/impact/251/12.html>.

8. Davis, Cinda-Sue, Edward S.J., Koch, D., Meadows, G., Et al. (2011) *Making Academic Progress: The University of Michigan STEM Academy. Women in Engineering ProActive Network*. [online] Available at: <https://journals.psu.edu/wepan/article/viewFile/58555/58243>.

9. Action Agenda Smart Industry. The Netherlands [online] Available at: <https://inteliments.com/en/company/smart-industry>.

10. Jackson, M. (2014) *Development of the Inspire Engineering Mentoring Program* (Doctoral dissertation, Worcester Polytechnic Institute). [online] Available at: [https://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-050114-171223/unrestricted/LTM\\_IQP\\_Report.pdf](https://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-050114-171223/unrestricted/LTM_IQP_Report.pdf).

11. Smart Industry. Dutch industry fit for the future

(2014) p.33. [online] Available at: <https://inteliments.com/en/company/smart-industry>.

12. *Implementing 21st Century Smart Manufacturing* (2011) Workshop Summary Report Prepared by SMLC. p.36.

13. Etzkowitz, H. (2008) *The Triple Helix. University-Industry-Government. Innovation in Action*. New York and London. Routledge.

14. Balzer, H., Askonas, J. (2016) The Triple Helix after communism: Russia and China compared. *Triple Helix. A Journal of University-Industry-Government Innovation and Entrepreneurship*. 3(1).1. [online] Available at: <http://triplehelixjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40604-015-0031-4>.

15. Etzkowitz, H., Leydesdorff, L. (2000) The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy*. 29 (2). pp.109-123.

16. Carayannis, E.G, Campbell, D.F.J. (2012) Mode 3 Knowledge Production in Quadruple Helix Innovation Systems. *Springer Briefs in Business* 7.

17. Carayannis Elias G., Campbell David F.J. *Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and How Do Knowledge, Innovation and the Environment Relate to Each Other?*

18. Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S. Et al. (1994). *The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies*. London.

19. Nauwelaers, C., Kleibrink, A., Stancova, K. (2014) *The Role of Science Parks in Smart Specialisation Strategies*. European Union. p.25.

20. Carayannis, E.G., Barth, T.D., Campbell, D.F. (2012) The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship. A Systems View Across Time and Space*.1:2.

21. European Commission (2010) *Communication from the Commission Europe 2020. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth*. Brussels. COM (2010) 2020. p.26.

22. Jennings, A. The promise and the risks of IIoT and Industry 4.0 [online] Available at: <http://www.plantengineering.com/single-article/the-promise-and-the-risks-of-iiot-and-industry-40/0e19866c33ffa06bb320f064fcc9d646.html>.

23. Adrian Jennings Visibility in manufacturing: the path to the Industry 4.0 [online] Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=AoQjinsw9Go>.

24. Moein Hasan, Zadeh Saraee How can companies start implementing the Smart Industry concept? [online] Available at: <http://www.hightechnl.nl/mensen/smart-industry>.

25. Holtgrewe, U. (2014) New technologies: the future and the present of work in information and communication technology. *New technology, work and employment*. 29(1). pp.9-24.

26. Kagermann, H. (2015) *Change Through Digitization – Value Creation in the Age of Industry 4.0. Management of Permanent Change*. Springer. pp.23-45.

27. Howe, J. (2008) *Crowdsourcing: How the power of the crowd is driving the future of business*. Random House.

28. Marchington M., Grimshaw D., Rubery J., Willmott H. (2005) *Fragmenting Work: Blurring organisational boundaries and disordering hierarchies*. Oxford: Oxford University Press.

29. Lynn, L., Salzman, H. (2007) «Innovation Shift» to the Emerging Economies: Cases from the IT and Heavy Industries. *Sloan Industry Studies*.