



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และการวิจัยเชิงนวัตกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.อีสาน วิทยาเขตขอนแก่น Journal of Engineering and Innovative Research Faculty of Engineering RMUTL KKC



ISSN : 2822-129X (Print)

ISSN : 2985-0207 (Online)

Vol. 2 No. 2

July-December 2024

ปีที่ 2 ฉบับที่ 2

กรกฎาคม- ธันวาคม 2567



 [https : pho3.tci-thaijo/index.php/JEIRKKC](https://pho3.tci-thaijo/index.php/JEIRKKC)

 @eng.rmuli.kkc



เจ้าของ

งานบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

วัตถุประสงค์

เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานทางวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยวารสารรับพิจารณาตีพิมพ์บทความวิชาการและบทความวิจัยครอบคลุมอนุสาขาด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยี รวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมใหม่ที่มีกระบวนการทำวิจัย วิเคราะห์และอภิปรายผลการทดสอบอย่างเป็นระบบ

สาขาวิชาที่เปิดรับผลงาน

วารสารเน้นรับบทความทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในกลุ่มสาขาวิชาดังนี้ วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมเกษตร และแปรรูปอาหาร วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ วิศวกรรมอุตสาหการและโลจิสติกส์ วิศวกรรมระบบราง ขนส่งและยานยนต์

ที่ปรึกษา

อาจารย์ปริญ นาชัยสิทธิ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทริส ประสารณา

อาจารย์บุญกิจ อุ่นพิกุล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภฤกษ์ ขามงคลประดิษฐ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิเรก จันทะคุณ

รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร แสงอรุณ

อาจารย์ ดร.ปฐมภรณ์ ชัยกุล

อาจารย์ขุนแผน ปฐิมาประกร

นางสาวรัชนิวัลย์ มูลสีละ

รองอธิการบดีประจำวิทยาเขตขอนแก่น

ผู้ช่วยอธิการบดีประจำวิทยาเขตขอนแก่น

ผู้ช่วยอธิการบดีประจำวิทยาเขตขอนแก่น

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

รองคณบดีฝ่ายบริหาร

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย

รองคณบดีฝ่ายแผนและประกันคุณภาพการศึกษา

รองคณบดีฝ่ายพัฒนานักศึกษา

หัวหน้าสำนักงานคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

บรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร. วิเชียร แสงอรุณ

มทร.อีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.วิทยา เรืองพรวิสุทธิ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รองศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสี่ยงมวิบูล

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติศักดิ์ แสงสุระ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

รองศาสตราจารย์ ดร.นาวิ กังวาลย์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดมรัตน์ ทิพวรรณ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ศาสตราจารย์ ดร.วันชัย สะตะ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คมกฤษ ปิติฤกษ์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.สุวัตร นานันท์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทศพล ตริฐิจิราภาพงศ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิญญู ทองเล็ก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ระวี ระวิกุล

มทร.อีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.ปณัสชัย เชษฐโชติศักดิ์

มทร.อีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ เหล็กโคกสูง

มทร.อีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.จิตติกานต์ สมบูรณ์

มทร.อีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉริยา เจียรศิริสมบูรณ์

มทร.อีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

ผู้ประสานงาน

นางประวีณา เนื่องรินทร์

มทร.อีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

การพิจารณาบทความ

ต้นฉบับบทความจะได้รับการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ในสาขาวิชานั้น ๆ ไม่น้อยกว่า 3 ท่าน โดยเป็นการประเมินแบบอำพรางสองฝ่าย (Double Blind) และส่งผลการพิจารณาแก่ผู้เขียน เพื่อปรับปรุงแก้ไขบทความ หรือพิมพ์ต้นฉบับใหม่แล้วแต่กรณี เมื่อบทความผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิและกองบรรณาธิการแล้ว ผู้เขียนจะได้รับการตอบรับตีพิมพ์บทความในวารสาร

กำหนดเผยแพร่

จัดพิมพ์เผยแพร่ ปีละ 2 ฉบับ (วารสารราย 6 เดือน)

ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม - มิถุนายน

ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม - ธันวาคม



ลิขสิทธิ์ งานบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
150 หมู่ 6 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000
อาคาร 50 ปี เทคนิค ไทย-เยอรมัน ขอนแก่น ชั้น 2 (ห้องแผนกงานวิชาการและวิจัย)
โทรศัพท์ 043-283700 กด 83120 โทรสาร 043-338870
E-mail : jeir.eng.rmuti@gmail.com
Website : <https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/JEIRKKC>

พิมพ์ที่

โรงพิมพ์ คำคุณดี-ไซน์ 123 หมู่ 8 ตำบลน้ำพอง อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น 40140
เบอร์โทร 081-1472506, 089-7136877



บทบรรณาธิการ

วารสารวิศวกรรมศาสตร์และการวิจัยเชิงนวัตกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น เป็นฉบับที่ 2 ของปีที่ 2 และยังเป็นฉบับที่อยู่ในปีพิเศษเนื่องในโอกาสครบรอบ 60 ปี วันสถาปนาวิทยาเขตขอนแก่น เนื้อหาของบทความยังคงเนื้อหาสาระที่เกี่ยวกับการศึกษาวิจัยด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ นวัตกรรมและเทคโนโลยี รวมถึงงานวิจัยสหวิทยาการและสาขาอื่นที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยบทความวิจัยทางวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์จำนวน 2 เรื่อง ได้แก่ 1. The connection between hyperideals and hybrid hyperideals through their level sets and characteristic functions in hypersemigroups 2. Solar photocatalytic oxidation of As^{3+} in aqueous solution by $TiO_2/SrCO_3$ and $Ag.TiO_2/SrCO_3$ composite photocatalysts และบทความวิจัยสถาบัน 2 บทความ ได้แก่ 3. การใช้บริการสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ : กรณีศึกษาความต้องการของนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น และ 4. การศึกษาจุดร่วมและปัจจัยที่มีผลกระทบต่อทักษะเชิงวิชาชีพและวิชาการกับหลักสูตรร่วมสถานศึกษาและสถานประกอบการ (CWIE) กรณีศึกษา : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น

กองบรรณาธิการวารสารวิศวกรรมศาสตร์และการวิจัยเชิงนวัตกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น หวังเป็นอย่างยิ่งว่า วารสารฉบับนี้จะ เป็นประโยชน์สำหรับผู้อ่านทุกท่าน และขอขอบคุณที่ท่านผู้อ่านได้ให้ความสนใจติดตามวารสารวิศวกรรมศาสตร์และการวิจัยเชิงนวัตกรรม มาอย่างต่อเนื่อง พบกันใหม่ฉบับหน้า

หากผู้เขียนหรือผู้อ่านท่านใดมีข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อวารสาร สามารถส่งมาได้ที่เบอร์โทรศัพท์ 043283700 กด 83120 โทรสาร 043-338870 หรืออีเมล jeir.eng.rmuthi@gmail.com ทางกองบรรณาธิการจะนำไปพิจารณาปรับปรุงวารสารให้คุณภาพยิ่งขึ้นต่อไป

รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร แสงอรุณ
บรรณาธิการวารสาร

สารบัญ

บทความ

หน้า

-  The connection between hyperideals and hybrid hyperideals through their level sets and characteristic functions in hypersemigroups 1
Jirapong Mekwien and Nareupanat Lekkoksung
-
-  การใช้บริการสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ : กรณีศึกษาความต้องการของนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น 7
จิตฎาณพัชญ์ ตันติเศรณี, วิเชียร แสงอรุณ และ นุศรา มุลตรี
-
-  การศึกษาจุลร่วมและปัจจัยที่มีผลกระทบต่อทักษะเชิงวิชาชีพและวิชาการกับหลักสูตรร่วม สถานศึกษาและสถานประกอบการ (CWIE) กรณีศึกษา : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น 14
กนกลักษณ์ ตรีเดช
-
-  Solar photocatalytic oxidation of As^{3+} in aqueous solution by $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ and $\text{Ag}_2\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ composite photocatalysts 21
Pakpoom Hanpee, Jukkriwut Morkarn, Oranooch Somseemee and Wichien Sang-aroon
-



The connection between hyperideals and hybrid hyperideals through their level sets and characteristic functions in hypersemigroups

Jirapong Mekwien¹ and Nareupanat Lekkoksung^{1*}

¹ Division of Mathematics, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus, Khon Kaen 40000, Thailand

*Corresponding Author: nareupanat.le@rmuti.ac.th

Received 3 October 2024; Received in revised form 3 October 2024; Accepted 13 November 2024

Abstract

While valuable in handling uncertainty, fuzzy and soft sets may sometimes prove inadequate for certain scenarios. By merging their respective strengths, leading to the advances of hybrid structures. These hybrid structures offer a robust framework for tackling uncertain problems effectively. In particular, they find application in studying hyperalgebraic structures, such as hypersemigroups. Traditionally, researchers have utilized hyperideals to explore the properties of hypersemigroups. However, our current study confirms this and provides a new perspective on the intricate relationship between hyperideals and hybrid hyperideals. By analyzing their level sets and characteristic functions, we clarify the connections between these two concepts and present an understanding of this field.

Keywords: hypersemigroups; hybrid hyperideals; hyperideals; hyperalgebraic systems

1. Introduction

Algebras serve as fundamental mathematical structures that are indispensable in addressing various problems in mathematics. Typically, the product of two elements of an algebra yields another element (see [1]). However, there are scenarios where traditional algebras fall short in adequately describing certain issues, such as the complications of blood type studies. To tackle such challenges, mathematicians have developed a specialized mathematical framework called hyperalgebras, introduced by Marty [2] in 1934. When combined with

the property similar to adding numbers, hyperalgebras form hypersemigroups, also known as semihypergroups. Over the past two decades, the study of hypersemigroups has garnered significant attention within the mathematical community. Central to understanding the algebraic properties of hypersemigroups are the concepts of hyperideals. Numerous researchers have investigated various types of hyperideals in hypersemigroups, ascribing their algebraic properties and applications (see [3-7]).

The concepts of fuzzy sets and soft sets serve as invaluable mathematical tools in



solving real-world problems fraught with uncertainty (see [8-9]). However, their efficacy is often constrained by their limited interpretative scope. Recognizing this, researchers have explored the synergistic potential of combining these two paradigms to enhance problem-solving capabilities. In 2018, Jun et al. [10] introduced hybrid structures, amalgamating fuzzy sets and soft sets to broaden their applicability. Their pioneering work extended to examining BCK-/BCI-algebras, shedding light on novel insights into these algebraic structures. Subsequently, numerous scholars have used hybrid structures to investigate many algebraic and hyperalgebraic structures, including semigroups and ordered semigroups (see [11-14]).

Hybrid structures appeared as a significant advancement in hypersemigroup theory in 2022, pioneered by Mekwian et al. [15] with their work on hybrid bi-hyperideals. Their contribution laid the foundation for understanding the relationships between bi-hyperideals and hybrid hyperideals in hypersemigroups. Building upon this in 2023, the present authors further expanded the framework by introducing hybrid left and right hyperideals. They illustrated the connections among hybrid left, right, and bi-hyperideals, revealing distinct classes within these hybrid structures (see [16]).

In this paper, we extend the results established by Mekwian et al. in [15] by providing a generalized framework. Specifically, we characterize hybrid left (right, bi-) hyper-ideals through their level sets, thus offering a comprehensive characterization. Moreover, we demonstrate the inclusivity of

the previous result. The paper is organized as follows: Section 1 delves into the historical context and the significance of hybrid structures within algebraic systems. Section 2 offers essential preliminaries to the groundwork for our subsequent discussions. Section 3 presents our primary contributions, describing hybrid left (right, bi-) hyperideals and their level sets.

2. Preliminaries

In this section, we recall some basic definitions of our study. A mapping $\circ: H \times H \rightarrow \mathcal{P}^*(H)$ on a nonempty set H is said to be a *hyperoperation* on H , where $\mathcal{P}^*(H)$ is the set of all nonempty subsets of H . A structure $\langle H; \circ \rangle$ is called a *hyperalgebra* if $\circ$ is a hyperoperation on H (see [2]). A hyperoperation $\circ$ on H gives rise to a binary operation $\hat{\circ}: \mathcal{P}(H) \times \mathcal{P}(H) \rightarrow \mathcal{P}(H)$ on $\mathcal{P}(H)$ defined by

$$A \hat{\circ} B = \begin{cases} \bigcup_{a \in A, b \in B} (a \circ b) & \text{if } A, B \neq \emptyset \\ \emptyset & \text{otherwise} \end{cases}$$

for any $A, B \subseteq H$ where $\mathcal{P}(H)$ is the set of all subsets of H , (see [17]) A hyperalgebra $\langle H; \circ \rangle$ is said to be a *hypersemigroup* [18] if $A \hat{\circ} (B \hat{\circ} C) = (A \hat{\circ} B) \hat{\circ} C$ for all $A, B, C \subseteq H$. We usually denote a hypersemigroup $\langle H; \circ \rangle$ by the boldface letter $\mathbf{H}$ of its underlying set. Any product $A \hat{\circ} B$ of any two subsets of H will be denoted by AB , and for simplicity, we denote $\{x\}A$ and $A\{x\}$ by xA and Ax , respectively. Moreover, the n -product $A \hat{\circ} \cdots \hat{\circ} A$ is written as A^n , where n is a natural number.

Let $\mathbf{H}$ be a hypersemigroup. A nonempty subset A of H is said to be a *left (right) hyperideal* [19] of $\mathbf{H}$ if $HA \subseteq A$ ($AH \subseteq A$) and a *bi-hyperideal* [20] of $\mathbf{H}$ if $AA \subseteq A$

and $AHA \subseteq A$. It is not difficult to see that any left (right) hyperideal is a bi-hyperideal.

A mapping $f: X \rightarrow [0,1]$ from a non-empty set X to a closed unit interval is called a *fuzzy set* [9] in X . Let U and E be nonempty sets. A *soft set* f in E over U is a mapping $f: E \rightarrow \mathcal{P}(U)$. Combining such two concepts, we obtain the concept of hybrid structures defined by the following definition.

Definition 2.1 ([10]). Let E and U be non-empty sets. A mapping $f: E \rightarrow \mathcal{P}(U) \times [0,1]$ is called a *hybrid structure in E over U* .

Let f be a hybrid structure in E over U . We can see that f can be considered as a pair $f := (f_1, f_2)$ of a soft set f_1 in E over U and a fuzzy set f_2 in E . From now on, we let U be an arbitrary nonempty set. For any $(T, t) \in \mathcal{P}(E) \times [0,1]$ can be regarded as a constant hybrid structure in E over U defined by $T(x) = T$ and $t(x) = t$ for all $x \in E$. Let A be a subset of E . The *characteristic hybrid structure* χ_A in E over U is defined by $\chi_A(x) := (U, 0)$ if $x \in A$ and $\chi_A(x) := (\emptyset, 1)$ if $x \notin A$. For any hybrid structures f and g in E over U , we let $f \ll g$ if and only if $f_1(x) \subseteq g_1(x)$ and $f_2(x) \geq g_2(x)$ for all $x \in E$. If $g \gg f$, we mean $f \ll g$.

The concept of hybrid structures can be used to study the algebraic properties of hypersemigroups through the following notions. Let $\mathbf{H}$ be a hypersemigroup and f a hybrid structure in H over U . Then, f is said to be:

(1) a *hybrid subhypersemigroup* in $\mathbf{H}$ over U if $f_1(x) \cap f_1(y) \subseteq \bigcap_{u \in xy} \{f_1(u)\}$ and $f_2(x) \vee f_2(y) \geq \bigvee_{u \in xy} \{f_2(u)\}$ for all $x, y \in H$;

(2) a *hybrid left hyperideal* in $\mathbf{H}$ over U if $f_1(y) \subseteq \bigcap_{u \in xy} \{f_1(u)\}$ and $f_2(y) \geq \bigvee_{u \in xy} \{f_2(u)\}$ for all $x, y \in H$;

(3) a *hybrid right hyperideal* in $\mathbf{H}$ over U if $f_1(x) \subseteq \bigcap_{u \in xy} \{f_1(u)\}$ and $f_2(x) \geq \bigvee_{u \in xy} \{f_2(u)\}$ for all $x, y \in H$;

(4) a *hybrid bi-hyperideal* in $\mathbf{H}$ over U if f is a hybrid subhypersemigroup such that $f_1(x) \cap f_1(z) \subseteq \bigcap_{u \in xyz} \{f_1(u)\}$ and $f_2(x) \vee f_2(z) \geq \bigvee_{u \in xyz} \{f_2(u)\}$ for all $x, y, z \in H$.

In [15], the authors illustrated a connection between bi-hyperideals and hybrid bi-hyper-ideals in hypersemigroups using the notion of characteristic hybrid structures.

Theorem 2.2. Let $\mathbf{H}$ be a hypersemigroup, and A a nonempty subset of H . The following statements are equivalent.

(1) A is a bi-hyperideal of $\mathbf{H}$.

(2) χ_A is a hybrid bi-hyperideal in $\mathbf{H}$ over U .

3. Main Results

In this section, we generalize Theorem 2.2 by means of level sets of hybrid structures. Let $\mathbf{H}$ be a hypersemigroup, f a hybrid structure in H over U , $T \subseteq H$, and $t \in [0,1]$. We define a *level set* of f by $\text{lev}(f; (T, t)) := \{x \in H: f(x) \gg (T, t)\}$.

We begin our main result by characterizing hybrid left (right) hyperideals in hypersemigroup using level sets.

Theorem 3.1. Let $\mathbf{H}$ be a hypersemigroup, and f a hybrid structure in H over U . Then, the following statements are equivalent.

(1) f is a hybrid left (right) hyperideal in $\mathbf{H}$ over U .

(2) the nonempty level set $\text{lev}(f; (T, t))$ is a left (right) hyperideal of $\mathbf{H}$ for any

$\emptyset \neq T \subseteq H$ and $t \in [0,1)$.

Proof. We prove only the case of hybrid left hyperideals. For another case can be proved similarly.

(1) $\Rightarrow$ (2). Let T be a nonempty subset of H and $t \in [0,1)$. Let $x \in H$ and $y \in \text{lev}(f; (T, t))$. Then, $f_1(y) \supseteq T$ and $f_2(y) \leq t$. By our assumption, we have $f_1(xy) \supseteq \bigcap_{u \in xy} \{f_1(u)\} \supseteq f_1(y) \supseteq T$ and $f_2(xy) \leq \bigvee_{u \in xy} \{f_2(u)\} \leq f_2(y) \leq t$. This means that $f(xy) \gg (T, t)$. That is, $xy \in \text{lev}(f; (T, t))$. Therefore, $\text{lev}(f; (T, t))$ is a left hyperideal of $\mathbf{H}$.

(2) $\Rightarrow$ (1). Let $x, y \in H$. If $f(y) \ll (\emptyset, 1)$, then $f_1(y) = \emptyset$ and $f_2(y) = 1$. This implies that $f_1(y) \subseteq \bigcap_{u \in xy} \{f_1(u)\}$ and $f_2(y) \geq \bigvee_{u \in xy} \{f_2(u)\}$. Suppose that $f_1(y) \neq \emptyset$ and $f_2(y) < 1$. It is clear that $y \in \text{lev}(f; f(y))$. By the left hyperideality of $\text{lev}(f; f(y))$, we have $xy \in \text{lev}(f; f(y))$. This implies that $f_1(v) \supseteq f_1(y)$ and $f_2(v) \leq f_2(y)$ for all $v \in xy$. That is, $\bigcap_{u \in xy} f_1(u) \supseteq f_1(y)$ and $\bigvee_{u \in xy} f_2(u) \leq f_2(y)$. This shows that f is a hybrid left hyperideal in $\mathbf{H}$ over U .

Our last main result illustrates a characterization of hybrid bi-hyperideals.

Theorem 3.2. Let $\mathbf{H}$ be a hypersemigroup, and f a hybrid structure in H over U . Then, the following statements are equivalent.

(1) f is a hybrid bi-hyperideal in $\mathbf{H}$ over U .

(2) the nonempty level set $\text{lev}(f; (T, t))$ is a bi-hyperideal of $\mathbf{H}$ for any $\emptyset \neq T \subseteq H$ and $t \in [0,1)$.

Proof. (1) $\Rightarrow$ (2). Let T be a nonempty subset of H and $t \in [0,1)$. First we show that $\text{lev}(f; (T, t))$ is a subhypersemigroup. Let

$x, y \in \text{lev}(f; (T, t))$. Then, $f(x) \gg (T, t)$ and $f(y) \gg (T, t)$. Hence, $f_1(xy) \supseteq \bigcap_{u \in xy} \{f_1(u)\} \supseteq f_1(x) \cap f_1(y) \supseteq T \cap T = T$ and $f_2(xy) \leq \bigvee_{u \in xy} \{f_2(u)\} \leq f_2(x) \vee f_2(y) \leq t \vee t = t$. This means that $\text{lev}(f; (T, t))$ is a subhypersemigroup. Let $y \in H$ and $x, z \in \text{lev}(f; (T, t))$. Then, $f_1(x) \supseteq T, f_1(z) \supseteq T, f_2(x) \leq t$, and $f_2(z) \leq t$. By our presumption, we have $T \subseteq f_1(x) \cap f_1(z) \subseteq \bigcap_{u \in xyz} \{f_1(u)\} \subseteq f_1(xyz)$ and $t \geq f_2(x) \vee f_2(z) \geq \bigvee_{u \in xyz} \{f_2(u)\} \geq f_2(xyz)$. This means that $f(xyz) \gg (T, t)$. That is, $xyz \in \text{lev}(f; (T, t))$. Altogether, $\text{lev}(f; (T, t))$ is a bi-hyperideal of $\mathbf{H}$.

(2) $\Rightarrow$ (1). Let $x, y, z \in H$. If $(f_1(x) \cap f_1(z), f_2(x) \vee f_2(z)) \ll (\emptyset, 1)$, then $f_1(x) \cap f_1(z) = \emptyset \subseteq \bigcap_{u \in xyz} \{f_1(u)\}$ and $f_2(x) \vee f_2(z) = 1 \geq \bigvee_{u \in xyz} \{f_2(u)\}$. Now, suppose that $f_1(x) \cap f_1(z) \neq \emptyset$ and $f_2(x) \vee f_2(z) < 1$. Put $T := f_1(x) \cap f_1(z)$ and $t := f_2(x) \vee f_2(z)$. Then, it is not difficult to see that $x, z \in \text{lev}(f; (T, t))$. Since $\text{lev}(f; (T, t))$ is a bi-hyperideal of $\mathbf{H}$, $x, y, z \subseteq \text{lev}(f; (T, t))$. Therefore, $f_1(v) \supseteq f_1(x) \cap f_1(z)$ and $f_2(v) \leq f_2(x) \vee f_2(z)$ for all $v \in xyz$. This means that $\bigcap_{u \in xyz} \{f_1(u)\} \supseteq f_1(x) \cap f_1(z)$ and $\bigvee_{u \in xyz} \{f_2(u)\} \leq f_2(x) \vee f_2(z)$. Illustrating that f is a hybrid subhypersemigroup in $\mathbf{H}$ over U can be proved similarly. Hence, f is a hybrid bi-hyperideal in $\mathbf{H}$ over U .

The above theorem can be reduced regarding the characteristic hybrid structures as follows.

Corollary 3.3. Let $\mathbf{H}$ be a hypersemigroup, and A a nonempty subset of H . Then, the following statements are equivalent.

(1) χ_A is a hybrid left (right, bi-) hyperideal in $\mathbf{H}$ over U .

(2) A is a left (right, bi-) hyperideal of H .

Proof. Since $\text{lev}(\chi_A; (T, t)) = \{x \in H : \chi_A(x) \gg (T, t)\} = A$, where $\emptyset \neq T \subseteq H$ and $t \in [0, 1)$, we obtain the proof.

4. Conclusion

The current paper provides the connections between left (right, bi-) hyperideals and hybrid left (right, bi-) hyperideals by level sets. These generalize these connections given by the characteristic functions.

5. Acknowledgement

This research received support from the Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus. The authors extend their gratitude to the anonymous reviewers whose valuable comments enhanced this work.

6. References

- [1] Birkhoff, G. (1948). Lattice theory, American Mathematical Society Colloquium, New York.
- [2] Marty, F. (1934). Sur une generalisation de la notion de groupe, paper presented in *the 8th Congress Math. Scandinaves*, Stockholm, Sweden, pp.45–49.
- [3] Davvaz, B. (2016). Semihypergroup Theory, Academic Press.
- [4] Heidari, D. (2024). Semihypergroups that every hyperproduct only contains some of the factors, *Algebraic Structures and Their Applications*, vol.11(1), pp.151–163.
- [5] Kazancı, O. and Davvaz, B. (2023). Multipolar fuzzy hyperideals in semihypergroups, *Soft Computing*, vol.27 (19), pp.13835 –13841.
- [6] Kehayopulu, N. (2023). What can lattices do for hypersemigroups?, *Turkish Journal of Mathematics*, vol.47(5), pp.1558–1572.
- [7] Tangtragoon, J., Jun, Y.B., Lekkoksung, N. and Saengsura, K. (2023). A study on bi-interior hyperideals in hypersemi-groups, *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, vol.19(4), pp.991–1006.
- [8] Molodtsov, D. (1999). Soft set theory first results, *Computers & Mathematics with Applications*, vol.37(4-5), pp.19–31.
- [9] Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets, *Information and Control*, vol.8(3), pp.338–353.
- [10] Jun, Y. B., Song, S.Z. and Muhi-uddin, G.(2018). Hybrid structures and applications, *Annals of Communications in Mathematics*, vol.1(1), pp.11–25.
- [11] Anis, S., Khan, M. and Jun, Y.B. (2017). Hybrid ideals in semigroups, *Cogent Mathematics*, vol.4(1), 1352117.
- [12] Elavarasan, B. and Jun, Y.B. (2023). On hybrid ideals and hybrid bi-ideals in semigroups, *Iranian Journal of Mathematical Sciences and Informatics*, vol.18(2), pp.1–10.
- [13] Mekwian, J. and Lekkoksung, N. (2021). Hybrid ideals in ordered semigroups and some characterizations of their regularities, *Journal of Mathematical and Computational Science*, vol.11(6), pp.8075–8094.
- [14] Tiprachot, N., Lekkoksung, S., Pibajommee, B. and Lekkoksung, N. (2023). Hybrid n -interior ideals and hybrid (m, n) -ideals in ordered semigroups, *Fuzzy Information and Engineering*, vol.15(2), pp.128–148.
- [15] Mekwian, J., Lekkoksung, N. and Sanpan, H. (2022). A connection between bi-



hyperideals and hybrid bi-hyperideals in hypersemigroups, *The 14th International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Well-Being (STISWB 2022)*, Pakxe, Lao P.D.R.

[16] Mekwian, J. and Lekkoksung, N. (2023). A connection between hybrid one-sided hyperideals and hybrid bi-hyperideals in hypersemigroups, *Journal of Engineering and Innovative Research*, vol.1(2), pp.19–24.

[17] Lekkoksung, S., Iampan, I. and Lekkoksung, N. (2022). On ideal elements of partially ordered semigroups with the greatest element, *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, vol.18(6), pp.1941–1955.

[18] Kehayopulu, N. (2015). On hypersemigroups, *Pure Mathematics and Applications*, vol. 25(2), pp.151–156.

[19] Hasankhani, A. (1999). Ideals in a semihypergroup and Green's relations, *Ratio Mathematica*, vol.13(1), pp.29–36.

[20] Changphas, T. and Davvaz, B. (2015). Bi-hyperideals and quasi-hyperideals in ordered semi-hypergroups, *Italian Journal of Pure and Applied Mathematics*, vol. 35, pp.493–508.

[21] Sanpan, H., Kitpratyakul, P. and Lekkoksung, S. (2023). On hybrid pure hyperideals in ordered hypersemigroups, *International Journal of Analysis and Applications*, vol.21, 47.

[22] Tiprachot, N., Lekkoksung, N. and Lekkoksung, S. (2023). On hybrid simple ordered hypersemigroups, *Annals of Fuzzy Mathematics and Informatics*, vol.26, pp.125–140.



การใช้บริการสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ : กรณีศึกษาความต้องการของนักศึกษา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
Utilizing Services and Facilities: A Case Study on of the Students' Needs at of the
Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus

จิตฎาณพัชญ์ ตันติเศรณี^{1*} วิเชียร แสงอรุณ¹ และ นุศรา มุลตรี¹

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

*Corresponding Author: Suphawadee.ne@muti.ac.th, 081-9964954

Received 21 November 2024; Received in revised form 24 December 2024; Accepted 26 December 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาความต้องการเปรียบเทียบเพื่อ 1) ศึกษาความต้องการในการใช้สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ของนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 2) เปรียบเทียบความต้องการในการใช้สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ของนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ จำนวน 341 คน จากประชากร 3,001 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การแจกแจงความถี่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีความต้องการใช้สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}=3.23$) แยกเป็นแต่ละด้าน ดังนี้ ด้านกายภาพ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}=3.66$) ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}=3.57$) ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}=3.31$) และด้านบุคลากร อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}=3.31$) นักศึกษาชั้นปีต่างกันมีความต้องการใช้สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ อยู่ในระดับมาก ไม่แตกต่างกัน และนักศึกษาต่างสาขามีความต้องการใช้สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ ทั้ง 4 ด้าน อยู่ในระดับมาก ไม่แตกต่างกัน ปัญหาที่นักศึกษาพบคือ บางสาขาวิชาไม่มีห้องเรียนเพียงพอ ขาดการปรับปรุง ห้องเรียนมีแสงสะท้อนทำให้มีปัญหาในการมองไม่ชัด ไม่เห็นตัวหนังสือ และควรเพิ่มจอทีวีกลางห้องสำหรับห้องที่มีนักศึกษาจำนวนมาก ห้องปฏิบัติการไม่เพียงพอ และอาคารสำหรับฝึกปฏิบัติ หรือทดสอบไม่ควรอยู่กลางแจ้ง และอุปกรณ์ในการฝึกปฏิบัติควรมีจำนวนเพียงพอกับผู้เรียน ควรมีห้องสมุดของคณะฯ ข้อเสนอแนะควรมีระบบสารสนเทศหรือโปรแกรมให้บริการดาวน์โหลดฟรี เพื่อใช้ในการเรียน เช่น PDF, Microsoft Office, Canva ควรมี 3D Printer ให้นักศึกษาใช้เพียงพอ บางสาขาวิชา wifi ช้ามาก ไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่และหลุดบ่อยครั้ง ควรปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ : ความต้องการ, ความพึงพอใจ, การบริการ, สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้

Abstract

The objective of this research is 1) to investigate and to compare the learning support needs of engineering students at of Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus, and 2) to compare the learning support needs of engineering students at Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus, within as sample group of 341 students. The



research methodology involved the use of questionnaires as research tools and statistical analysis techniques, including percentages, frequency distribution, and mean values, and percentages. The results revealed that overall students, expressed a moderate level of need for learning support ($\bar{x} = 3.23$). When examining specific aspects, the physical environment exhibited a high level of need ($\bar{x} = 3.66$), followed by facilities, which also showed a high level of need ($\bar{x} = 3.57$). Information technology needs were at a moderate level ($\bar{x} = 3.31$), and personnel needs were also at a moderate level ($\bar{x} = 3.31$). While students from different academic years exhibited high learning support needs at a similar level, there were no significant differences. Similarly, students from different majors demonstrated high and comparable learning support needs across all four aspects. The issues identified by students include insufficient and deteriorating classrooms, lack of maintenance, inadequate lighting causing visibility problems, and the suggestion to add central TV screens for larger classrooms. There is also a shortage of laboratories, impractical placement of testing facilities, and the recommendation for more efficient use of library rooms within the faculty. In terms of recommendations, the research suggests implementing an information system or program that offers free downloads for learning materials such as PDFs, Microsoft Office, and Canva. Additionally, providing 3D printers for student use is recommended. Some study areas experience slow and unreliable Wi-Fi. All above improvements are suggested to support and study enhance efficiency of Engineering students.

Keywords: Needs; Satisfaction; Service; Learning support

บทนำ

การศึกษาเป็นเครื่องมือพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ให้มีความรู้ความสามารถและให้เป็นผู้ที่เพียบพร้อมทั้งร่างกาย จิตใจ อารมณ์และความสามารถในการใช้ชีวิตในสังคมได้อย่างมีความสุข นอกจากนี้การศึกษายังเป็นต้นทุนเพื่อผลิตคุณธรรมจริยธรรมของทุกคน ทั้งนี้สถาบันการศึกษาทุกแห่งจำเป็นต้องผลิตบัณฑิตให้มีความสอดคล้องกับแผนพัฒนาสังคมเศรษฐกิจแห่งชาติ และสอดคล้องกับแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติด้วย ซึ่งการที่จะทำให้บัณฑิตมีคุณภาพที่ดีนอกจากจะเนื้อหาที่ถูกรับรู้ไว้ในหลักสูตรแล้วยังมีองค์ประกอบที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ การเข้าถึงสื่อบริการความสะดวกทั้งหลายรวมทั้งสื่อ เทคโนโลยีทั้งหลายด้วย [1]

นอกจากนี้การบริการสิ่งอำนวยความสะดวก สื่อเทคโนโลยีต่างๆจะช่วยส่งเสริมความเป็นพลเมืองดี

ตามสถานการณ์ข้อความรู้และสังคมแห่งดิจิทัลด้วย นอกจากนั้นการดำเนินการบริหารหลักสูตรจะต้องมีปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย ความพร้อมทางกายภาพ ความพร้อมด้านอุปกรณ์ ความพร้อมด้านเทคโนโลยี ความพร้อมด้านการให้บริการ เช่น ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ ห้องทำวิจัย อุปกรณ์การเรียนการสอน ห้องสมุด การบริการเทคโนโลยีสารสนเทศ คอมพิวเตอร์ Wifi และอื่น ๆ รวมทั้งการบำรุงรักษาที่ส่งเสริมสนับสนุนให้นักศึกษาสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพ ตามมาตรฐานผลการเรียนรู้ที่กำหนดตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ [2]

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น เป็นสถาบันอุดมศึกษาที่เปิดรับนักศึกษาและจัดการเรียนการสอนภายใต้กรอบภารกิจของสถาบันอุดมศึกษา

ทั่วไปที่มีหน้าที่ 4 ด้านประกอบด้วย ด้านการเรียน การสอน ด้านวิจัย ด้านบริการวิชาการแก่ชุมชน รวมทั้งด้านทำนุศิลปวัฒนธรรม แต่อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ด้านการจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นจำเป็นต้องจัดบริการสิ่งอำนวยความสะดวก สื่อเทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนให้นักศึกษาสามารถเรียนรู้ได้ตามมาตรฐานการศึกษาสากลและส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตภายในมหาวิทยาลัยได้อย่างมีความสุข

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาถึงความต้องการใช้บริการสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ในการใช้บริการสื่ออำนวยความสะดวก สื่อเทคโนโลยีของนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของนักศึกษาและผลการวิจัยจะสามารถนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาประสิทธิภาพการบริการสิ่งอำนวยความสะดวกต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความต้องการในการใช้สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ของนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
2. เพื่อเปรียบเทียบความต้องการในการใช้สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ของนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น โดยจำแนกตามเพศและชั้นปี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1.1 วิธีการและขั้นตอนของการวิจัย

ศึกษาหลักการ แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ และกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย วิเคราะห์องค์ประกอบของสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ กำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัย กำหนดกรอบแนวคิดใน

การวิจัย กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง สร้างเครื่องมือในการวิจัย ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

1.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ประจำปีการศึกษา 2566 จำนวนทั้งสิ้น 3,001 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้มาจากการเปิดตารางสำเร็จรูปของ Krejcie and Morgan [3] ที่มีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของจำนวนประชากร 3,001 คน จากนั้นใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) ตามสาขาวิชา และใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่มีความเป็นตัวแทน ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 341 คน

2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเกี่ยวกับสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ ซึ่งมีองค์ประกอบที่เป็นผลจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัย 4 ด้าน ได้แก่ ด้านกายภาพ ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ด้านบุคลากร

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) สร้างขึ้นตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย สังเคราะห์เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและกรอบแนวคิดในการวิจัย ซึ่งลักษณะของเครื่องมือเป็นแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เป็น แบบสอบถามที่เกี่ยวกับข้อมูลสถานภาพทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างผู้ให้ข้อมูล (Information) เป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check-list)

ตอนที่ 2 เป็น แบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อการที่มีต่อการบริการสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ของนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ลักษณะของ

แบบสอบถามเป็นมาตรวัดประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยมีข้อคำถามตัวบ่งชี้องค์ประกอบของสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมโดยใช้แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย ให้กับสาขาวิชาที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยส่งเป็นเอกสาร และแบบฟอร์มอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 341 ชุด และขอความอนุเคราะห์ส่งคืนภายใน 4 สัปดาห์ เพื่อตรวจสอบและคัดแยกแบบสอบถามที่สมบูรณ์เพื่อนำแบบสอบถามที่ได้รับไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนต่อไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Data) ในระยะที่ 1 โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการจัดกระทำข้อมูล เพื่อหาค่าสถิติต่าง ๆ ดังนี้

5.1 วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง การวิเคราะห์ในขั้นนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบลักษณะภูมิหลังของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ ระดับการศึกษา ชั้นปีการศึกษา และสาขาวิชา โดยใช้ค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage)

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความเหมาะสมของตัวบ่งชี้ของสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ โดยวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย โดยใช้เกณฑ์ในการคัดเลือกตัวบ่งชี้เพื่อกำหนดในรูปแบบที่จะนำไปทดสอบดังนี้ คือ ค่าเฉลี่ยเท่ากับหรือมากกว่า 3.00 และค่าสัมประสิทธิ์การกระจายเท่ากับหรือต่ำกว่า 20% [4] การแปลความหมายของแบบสอบถาม แยกเป็นรายข้อ รายด้านและรวมทุกด้าน ถูกระบุเกณฑ์ในการแปลความของค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์มาตรฐานของ Likert, Rensis. [5]

ผลการวิจัย

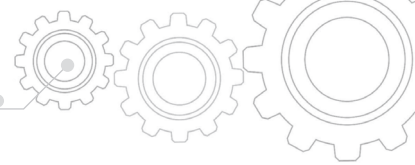
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามเพศ ชั้นปี สาขาวิชา ระดับการศึกษา จำแนกเป็นนักศึกษา ระดับปริญญาตรี จำนวน 336 คน (ร้อยละ 98.5) ระดับปริญญาโท จำนวน 4 คน (ร้อยละ 1.17) และระดับปริญญาเอก จำนวน 1 คน (ร้อยละ 0.29) ซึ่งนักศึกษาส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 278 คน (ร้อยละ 81.5) เป็นเพศหญิง จำนวน 63 คน (ร้อยละ 18.5) ศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 1 จำนวน 88 คน (ร้อยละ 25.81) ชั้นปีที่ 2 จำนวน 85 คน (ร้อยละ 24.93) ชั้นปีที่ 3 จำนวน 105 คน (ร้อยละ 30.79) ชั้นปีที่ 4 จำนวน 63 คน (ร้อยละ 18.48) นั้นแสดงว่ากลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี โดยส่วนใหญ่อยู่ชั้นปีที่ 3 รองลงมาคือชั้นปีที่ 1 และชั้นปีที่ 2 ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ความต้องการใช้บริการสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้แต่ละด้าน ดังนี้

ด้านกายภาพ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ในความพร้อมด้านกายภาพโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ในความพร้อมด้านกายภาพมากที่สุด คือ ห้องปฏิบัติการมีแสงสว่าง อากาศถ่ายเท หรือมีอุณหภูมิเหมาะสม ($\bar{x}=4.04$) รองลงมา คือ ระบบสาธารณูปโภค เช่น น้ำประปา ไฟฟ้า เพียงพอ และเหมาะสม ($\bar{x}=3.96$) นักศึกษามีความพึงพอใจต่อสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ในความพร้อมด้านกายภาพในระดับน้อย คือ คณะวิศวกรรมศาสตร์มีบรรยากาศที่ส่งเสริมต่อการเรียนรู้ ($\bar{x}=2.34$)

ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ในความพร้อมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ในความพร้อมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศมากที่สุด



คือ สื่อและอุปกรณ์ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศในการเรียนการสอนมีความเพียงพอและมีประสิทธิภาพพร้อมใช้งาน ($\bar{x}=3.90$) รองลงมา คือ มีสัญญาณอินเทอร์เน็ตไร้สายบริการได้ครอบคลุมพื้นที่ภายในคณะฯ และมีระบบสารสนเทศที่มีความพร้อมด้านระบบฐานข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์ ทันสมัยสนับสนุน และสะดวกในการในการสืบค้นข้อมูลพร้อมศึกษาข้อมูลได้อย่างกว้างขวาง ($\bar{x}=3.71$) และ นักศึกษามีความพึงพอใจต่อสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ในความพร้อมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศในระดับน้อย คือ มีห้อง Smart Class Room ที่ทันสมัยและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ ($\bar{x}=2.43$)

ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ในความพร้อมด้านสิ่งอำนวยความสะดวก โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ในความพร้อมด้านสิ่งอำนวยความสะดวกมากที่สุด คือ สถานที่สำหรับให้นักศึกษาและอาจารย์ได้พบปะแลกเปลี่ยนสนทนา และทำงานร่วมกันมีปริมาณอย่างพอเพียง ($\bar{x}=3.88$) รองลงมา ช่องทางในการให้บริการมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการรับบริการ ($\bar{x}=3.84$) และนักศึกษามีความพึงพอใจต่อสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ในความพร้อมด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ระดับปานกลาง คือ ห้องสมุดคณะมีหนังสือ ตำรา สิ่งพิมพ์ และวารสารวิชาการทั้งไทยและต่างประเทศมีความทันสมัยหลากหลายและสอดคล้องความต้องการของนักศึกษา ($\bar{x}=2.74$)

ด้านบุคลากร พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ในความพร้อมด้านบุคลากร โดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ในความพร้อมด้านบุคลากรมากที่สุด คือ อาจารย์ที่ปรึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมายให้ความช่วยเหลือแก่นักศึกษาที่มีปัญหาการเรียน หรือปัญหาส่วนตัว ($\bar{x}=3.57$)

ผลการเปรียบเทียบความต้องการสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ความต้องการใช้สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ โดยภาพรวม อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่านักศึกษามีความต้องการใช้สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ด้านกายภาพ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านบุคลากร ตามลำดับ สืบเนื่องจากคณะวิศวกรรมศาสตร์เป็นหน่วยงานหนึ่งในวิทยาเขตขอนแก่น ซึ่งเน้นผลิตบัณฑิตนักปฏิบัติ ปัจจุบันงบประมาณที่ได้รับจัดสรรไม่เพียงพอในการบริหารจัดการ ทำให้สิ่งสนับสนุนบางอย่างยังไม่เพียงพอ จึงได้ศึกษาวิจัยเพื่อนำผลมาแก้ไขปัญหาในการเรียนรู้และการบริการให้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากนโยบายด้านการประกันคุณภาพการศึกษา ที่กำหนดให้การประกันคุณภาพการศึกษาเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญในการพัฒนามาตรฐานการจัดการศึกษาอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการจัดสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ ซึ่งปรากฏในตัวบ่งชี้คุณภาพการศึกษา ตัวบ่งชี้ที่ 6.1 สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ [2]

เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่านักศึกษามีความต้องการใช้สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ 1) ด้านกายภาพมาก คือ มีห้องปฏิบัติการมีแสงสว่างอากาศถ่ายเท หรือมีอุณหภูมิเหมาะสม ระบบสาธารณูปโภค เช่น น้ำประปา ไฟฟ้า เพียงพอและเหมาะสม ห้องเรียนให้มีจำนวนเพียงพอกับผู้เรียน มีการดูแลรักษาวัสดุอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ มีอุปกรณ์ป้องกันอัคคีภัยในบริเวณอาคารต่าง ๆ เช่น ถังดับเพลิง หัวฉีดดับเพลิง และ วัสดุฝึก อุปกรณ์ในการจัดการเรียนการสอนมีเพียงพอกับผู้เรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของศุภกฤต พรวิโรธสง เรื่องการสำรวจความพึงพอใจของนักศึกษาต่อสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ วิชาการประยุกต์ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ พบว่า ความเหมาะสมของห้องเรียนที่ใช้ในการเรียนการสอน อยู่ในระดับมาก [6] ทั้งนี้เนื่องจาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ได้ดำเนินการสร้างอาคารเรียนใหม่ให้มีความเพียงพอต่อจำนวนนักศึกษา รองลงมา 2) ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก สถานที่สำหรับให้



นักศึกษาและอาจารย์ได้พบปะ แลกเปลี่ยนสนทนา และทำงานร่วมกันมีปริมาณอย่างพอเพียง ช่องทางในการให้บริการมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ในการรับบริการ มีการประชาสัมพันธ์ข่าวสารอย่างทั่วถึง รวดเร็ว มีสื่อ/เอกสารและอุปกรณ์การเรียนการสอนเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้มีความทันสมัย เข้าใจง่ายและตรงกับเนื้อหากระบวนการวิชา มีห้องบริการสำหรับนักศึกษามารับบริการเรื่องการลงทะเบียนเรียนหรือเรื่องอื่นๆ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ควรมีจำนวนห้องเรียนที่เพียงพอกับจำนวนนักศึกษา ห้องเรียนและห้องปฏิบัติงานต้องมีความพร้อมในการจัดการเรียนรู้ เช่น แสงสว่างที่พอเหมาะ อุปกรณ์ในอาคารสำหรับฝึกปฏิบัติหรืออาคารทดสอบไม่ควรอยู่กลางแจ้งและอุปกรณ์ในการฝึกปฏิบัติควรมีเพียงพอกับผู้เรียนด้วย

นอกจากนี้ ควรมีห้องสมุดของคณะวิศวกรรมศาสตร์เพื่อเป็นสถานที่อีกหนึ่งแห่งที่จะช่วยในการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีลักษณะบุคคลแห่งการเรียนรู้และพลเมืองดิจิทัล และควรมีระบบสารสนเทศหรือโปรแกรมสื่อทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ให้บริการดาวน์โหลดฟรี (Free Wi-Fi) จะเป็นการส่งเสริมประสิทธิภาพการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทำการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้ของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
2. ควรทำการศึกษามูลเหตุความสนใจในการเข้าศึกษาต่อในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
3. ควรทำการศึกษาความต้องการในสื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของนักศึกษาระหว่างคณะ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณบดี ผู้บริหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ได้อนุมัติทุนให้ผู้วิจัยได้ทำวิจัย เรื่อง การใช้บริการสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ : กรณีศึกษาความต้องการของนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ตามสัญญาเลขที่ ENG27/66

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย สมบูรณ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษาในทุกขั้นตอนด้วยความเมตตา อดทน และเสียสละ จนเกิดการเรียนรู้ที่เป็นประโยชน์กับผู้วิจัย เพื่อให้ได้งานวิจัยที่ถูกต้องตามหลักวิชา ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

อนึ่งผู้วิจัย ขอขอบพระคุณกัลยาณมิตรทุกท่าน ในสำนักงานคณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุน และให้กำลังใจตลอดมา และให้ความช่วยเหลือ จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

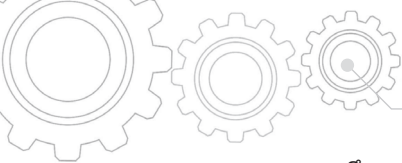
เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545. กรุงเทพฯ โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- [2] คู่มือการประกันคุณภาพการศึกษายในระดับหลักสูตร. (2564).
- [3] กชกษิตศ พิกนุช. (2564). การศึกษาความพึงพอใจของครูต่อการบริหารโรงเรียนโสตศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.
- [4] สุทธิธัช คนกาญจน์. (2547). การพัฒนาตัวบ่งชี้คุณภาพของสถาบันอุดมศึกษาของรัฐ. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.



[5] Likert, R. (1961) New Patterns of Management. New York: McGraw-Hill.

[6] ศุภกฤต พลิวไสง. (2561). การสำรวจความพึงพอใจของนักศึกษาต่อสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ วิชาการประยุกต์ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์. บทความวิชาการวารสารวิชาการมหาวิทยาลัยธนบุรี ปีที่ 12 ฉบับที่ 27 เดือนมกราคม – เมษายน 2561.



การศึกษาจุดร่วมและปัจจัยที่มีผลกระทบต่อทักษะเชิงวิชาชีพและวิชาการกับ
 หลักสูตรร่วมสถานศึกษาและสถานประกอบการ (CWIE)
 กรณีศึกษา : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
 A Study of Commonalities and Factors Affecting Professional and Academic Skills in
 Cooperative and Work-Integrated Education (CWIE)
 A Case study: Faculty of Engineering
 Rajamangala University of Technology ISAN, Khon Kaen Campus

กนกลักษณ์ ตรีเดช^{1*}

¹ สำนักงานคณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
 วิทยาเขตขอนแก่น อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น รหัสไปรษณีย์ 40000

*Corresponding Author: Kanokluk.tr@rmuit.ac.th, 08-3666-4456

Received 27 November 2024; Received in revised form 24 December 2024; Accepted 27 December 2024

บทคัดย่อ

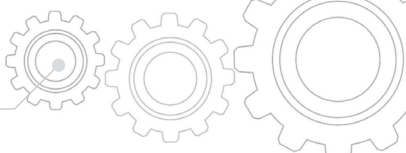
งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาจุดร่วมและปัจจัยที่มีผลกระทบต่อทักษะเชิงวิชาชีพและวิชาการหลักสูตรร่วมสถานศึกษาและสถานประกอบการ CWIE กรณีศึกษา : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาจุดดีร่วมของหลักสูตร CWIE 2) เพื่อศึกษาปัจจัยผลกระทบต่อทักษะเชิงวิชาชีพและวิชาการของนักศึกษา CWIE ด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) และการสนทนากลุ่ม (Focus Group) จากการศึกษา พบว่า จุดดีร่วมของหลักสูตรสหกิจศึกษาและหลักสูตร CWIE คือนักศึกษามีความกระตือรือร้น มุ่งมั่น ขยัน อดทน ใฝ่รู้ สนใจและตั้งใจทำงานที่ได้รับมอบหมาย สามารถเข้ากับผู้อื่นและมีมนุษยสัมพันธ์ อธิบายและมารยาท มีน้ำใจจิตอาสา มีความสม่ำเสมอ ทำงานเป็นทีมได้ดี ตรงต่อเวลาในการทำงาน ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อทักษะเชิงวิชาชีพและวิชาการของนักศึกษา CWIE คือ ความเข้าใจหลักการ CWIE ของสถาบันอุดมศึกษา สถานประกอบการ และนักศึกษาตลอดการปฏิบัติงาน การบริหารจัดการที่ดีด้านหลักสูตรการเรียนการสอน โดยให้สถาบันการศึกษาและสถานประกอบการร่วมกันออกแบบหลักสูตร การจัดหาสิ่งอำนวยความสะดวก ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ทันสมัย ทำให้นักศึกษาสามารถประยุกต์ความรู้สู่การปฏิบัติงานได้

คำสำคัญ: CWIE; การเปรียบเทียบ; จุดดีร่วม

Abstract

This research presents Research on A Study of Commonalities and Factors Affecting Professional and Academic Skills in Cooperative and Work-Integrated Education CWIE A Case study: Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology ISAN Khon Kaen Campus Objective to examine the common advantages of CWIE curriculum and to study the factors affecting the professional and academic skills of CWIE students by using In-depth interview and Focus Group. The study found that the common strengths of cooperative education and the





CWIE curriculum are their enthusiasm, dedication, diligence, resilience, eagerness, interest, responsibility, sociability, interpersonal skills, hospitable manner, kindness and volunteering, regularity, working as a team, and punctuality. Factors affecting the professional and academic skills of CWIE students include the principal understanding of educational institutions, establishments, and students throughout the internship process. Good collaboration between educational institutions and establishments through co-designing and co-management, and providing necessary modern laboratories and equipment lead the students to apply knowledge into practice.

Keywords: Cooperative Work Integrated Learning (CWIE); Comparative

บทนำ

สหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน (Cooperative and Work Integrated Education: CWIE) คือ หลักสูตรการเรียนการสอน ในลักษณะร่วมผลิตรระหว่างสถาบันอุดมศึกษาและสถานประกอบการ (ภาครัฐ เอกชน ชุมชน) เพื่อให้บัณฑิตพร้อมสู่โลกแห่งการทำงานจริงได้ทันที มีสมรรถนะตรงกับความต้องการของตลาดงาน สามารถพัฒนาอาชีพในปัจจุบันและเตรียมพร้อมรองรับตำแหน่งงานในอนาคต [1]

สหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน (Cooperative and Work Integrated Education: CWIE) จึงเป็นหนึ่งในกลไกการจัดการเรียนการสอนที่สถาบันอุดมศึกษาและหน่วยงานภายนอก ดำเนินการร่วมกันอย่างเป็นระบบ โดยให้นักศึกษาได้เรียนรู้ในสถาบันอุดมศึกษาควบคู่กับการปฏิบัติงานจริงในหน่วยงานภายนอก (Work-based Learning) ในทุกรูปแบบ ที่ทำให้นักศึกษามีสมรรถนะ (ความรู้ (Knowledge) ทักษะ (Skills) ทัศนคติ (Attitudes) และค่านิยม (Values) และคุณลักษณะตรงกับความต้องการของตลาดงาน และพร้อมสู่โลกแห่งการทำงานจริง โดย CWIE เป็นคำที่ครอบคลุมถึงสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน ในรูปแบบต่างๆ เช่น Sandwich Course, Practicum, Post-course Internship เป็นต้น [1-2]

สมาคมสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงานโลก (World Association for

Cooperative & Work-Integrated Education: WACE) ได้จัดให้ประเทศต่างๆ ได้ลงนามในกฎบัตรสากลว่าด้วยสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน (The Global Cooperative and Work Integrated Education Charter) เมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2562 เพื่อแสดงเจตนารมณ์และร่วมกันผลักดันให้อุดมศึกษาทั่วโลก ปรับทิศทางการเรียนการสอนเป็นการจัดหลักสูตร CWIE เพื่อสร้างบัณฑิตให้มีสมรรถนะพร้อมสู่โลกแห่งการทำงานในโลกยุคใหม่และเคลื่อนย้ายไปเรียนและทำงานในประเทศต่างๆ และมีเป้าหมายให้นักศึกษาทุกคนมีโอกาสเข้าถึงการได้รับการศึกษาเชิงประสบการณ์อย่างเท่าเทียมและมีโอกาสแลกเปลี่ยนการปฏิบัติงาน CWIE ในต่างประเทศมากยิ่งขึ้นโดยโครงสร้างการดำเนินงานตามกรอบงาน EEC HDC คือการศึกษาและวิจัยความต้องการของ 12 อุตสาหกรรมเป้าหมายในพื้นที่อีอีซี จากนั้นจึงประสานงานกับหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐ เอกชน สถาบันการศึกษาทั้งในและต่างประเทศ ผลิtbุคลากรป้อนให้ตามความต้องการภายใต้ EEC Model แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ EEC Model Type A กับ EEC Model Type B ทั้งสองกลุ่มจะมีวิธีการที่แตกต่างกัน แต่ทำงานภายใต้หลักการ demand driven เช่นเดียวกัน เน้นแก้ปัญหา 3 ด้านคือ แก้ปัญหาคนตกงาน ผลิtbุคลากรให้เพียงพอกับความต้องการของอุตสาหกรรมในพื้นที่อีอีซี ป้อนบุคลากรที่มีรายได้สูงกว่าค่าเฉลี่ย หมายความว่าเรียนจบ ปวช. หรือ ม.3 ตามหลักสูตรที่กำหนดต้องได้รับเงินเดือนขั้นต่ำ

18,000 บาท จบ ปวส. ต้องได้เงินเดือนขึ้นต่ำ 20,000 บาท และจบปริญญาตรีได้รับเงินเดือนขึ้นต่ำ 25,000 บาท เป็นต้น

การพัฒนาบุคลากรด้วยวิธีการนี้นอกจากจะทำให้ธุรกิจก้าวกระโดดจากอุตสาหกรรม 2.5 เป็นอุตสาหกรรม 4.0 แล้ว ค่าใช้จ่ายด้านบุคลากรจะลดลงเฉลี่ย 38% ด้วยระบบนิเวศการศึกษาสนับสนุนเมื่อเรียนจบมาแล้วทำงานได้จริง” [3]

อย่างไรก็ตาม สถาบันการศึกษาต้องสำรวจว่านักศึกษาที่ผลิตที่จบไปนั้น ได้งานทำกี่เปอร์เซ็นต์ ตรงสาขาหรือไม่ มีทักษะพอเพียงหรือตรงกับความต้องการของสถานประกอบการมากเพียงใด เพื่อนำมาชี้วัดว่า การเรียนการสอนที่จัดนั้นมีประสิทธิภาพ สร้างบุคลากร กำลังคนให้ชาติได้จริงหรือไม่

ด้วยเหตุนี้จึงได้ทำการวิจัย การศึกษาจุตร่วมและปัจจัยที่มีผลกระทบต่อทักษะเชิงวิชาชีพและวิชาการ หลักสูตรร่วมสถานศึกษาและสถานประกอบการ CWIE

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาจุดดีร่วมของหลักสูตร CWIE คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

2. เพื่อศึกษาปัจจัยผลกระทบต่อทักษะเชิงวิชาชีพและวิชาการ ของ นักศึกษา CWIE คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

วิธีดำเนินงาน

1. ศึกษาและค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลทางวิชาการที่เป็นประโยชน์และเกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย เรื่อง การศึกษาจุตร่วมและปัจจัยที่มีผลกระทบต่อทักษะเชิงวิชาชีพและวิชาการหลักสูตรร่วมสถานศึกษาและสถานประกอบการ CWIE

2. การออกแบบคำถามและการสัมภาษณ์

การออกแบบคำถามโดยใช้ทฤษฎี 5W1H เป็นแนวคิดหรือเทคนิคที่ใช้ในการสร้างคำถามหรือ

วิเคราะห์เหตุการณ์หรือเรื่องราวใด ๆ โดยการตั้งคำถามหลัก ๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับ Who (ใคร), What (อะไร), When (เมื่อ), Where (ที่ไหน), Why (ทำไม) และ How (อย่างไร) เพื่อให้เข้าใจสาระสำคัญของเหตุการณ์หรือเรื่องราวนั้น ๆ อย่างเต็มรูปแบบ

ใคร (Who) อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร จำนวน 6 หลักสูตร ๆ ละ 2 คน รวมทั้งสิ้น 12 คน สถาบันการศึกษาที่เปิดสอนในสาขาวิศวกรรมศาสตร์ หลักสูตร CWIE จำนวน 5 แห่ง สถานประกอบการ จำนวน 42 แห่ง นักศึกษา/บัณฑิต หลักสูตรสหกิจศึกษา จำนวน 48 คน นักศึกษาหลักสูตร CWIE จำนวน 51 คน อะไร (What) ที่เป็นปัจจัยสำคัญในดำเนินการเกี่ยวกับหลักสูตรการเรียนการสอนร่วมสถานศึกษาและสถานประกอบการ CWIE

3. กลุ่มตัวอย่าง (ผู้ให้ข้อมูลหลัก)

- อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร จำนวน 6 หลักสูตร ๆ ละ 2 คน รวมทั้งสิ้น 12 คน

- สถาบันการศึกษาที่เปิดสอนในสาขาวิศวกรรมศาสตร์ หลักสูตร CWIE จำนวน 5 แห่ง

- สถานประกอบการรับนักศึกษาหลักสูตรสหกิจศึกษา จำนวน 27 แห่ง รับหลักสูตร CWIE 15 แห่ง

- นักศึกษาหลักสูตรสหกิจศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จำนวน 48 คน นักศึกษาหลักสูตร CWIE จำนวน 51 คน

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยเชิงปริมาณและการวิจัยเชิงคุณภาพ (Mixed-method) ด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) [4] นักศึกษาหลักสูตรสหกิจศึกษา จำนวน 48 คน นักศึกษาหลักสูตร CWIE จำนวน 51 คน และสถานประกอบการ จำนวน 42 แห่ง การสนทนากลุ่ม (Focus Group) [5] อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร จำนวน 6 หลักสูตร ๆ ละ 2 คน รวมทั้งสิ้น 15 คน และ สถาบันการศึกษาที่เปิดสอนหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต รูปแบบ CWIE จำนวน 5 สถาบัน วิเคราะห์ผ่านกระบวนการสนทนายิสาน ซึ่งกระบวนการค้นหาสิ่งที่ดีที่สุดที่มีภายในตัวบุคคล กลุ่มคน. องค์กรหรือบนโลกใบนี้ โดยเป็น

การใช้ศิลปะของการตั้งคำถามเชิงบวก เพื่อส่งเสริมให้เกิดกระบวนการพัฒนา [6-7]

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

บันทึกข้อมูลที่ได้รับทำความเข้าใจกับคำตอบที่ได้รับ รวบรวม จัดเรียง แยกประเภทความต้องการของภาคอุตสาหกรรมหรือสถานประกอบการ นำมาวิเคราะห์เพื่อออกแบบและพัฒนาการจัดการเรียนการสอนรูปแบบ CWIE เพื่อหาข้อดีร่วมหรือคุณค่าที่องค์กรผู้ใช้นั้นพึงจะได้รับจากการจัดการศึกษารูปแบบ CWIE นำไปสู่ผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning outcomes)

ผลการวิจัย

การวิจัยหลักสูตรการเรียนการสอนร่วมสถานศึกษาและสถานประกอบการ CWIE หลักสูตรเทียบโอน : ศึกษาเปรียบเทียบ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาจุดร่วมข้อดีของหลักสูตร CWIE 2) ศึกษาปัจจัยผลกระทบทักษะเชิงวิชาชีพและวิชาการของนักศึกษา CWIE โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงสำรวจ ซึ่งได้มาจากการประเมินผลการปฏิบัติงานของนักศึกษา ณ สถานประกอบการทั้ง 2 กลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปริมาณและการวิจัยเชิงคุณภาพ (Mixed-method) ด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) และการสนทนากลุ่ม (Focus Group) เพื่อสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับตัวชี้วัดสมรรถนะของผู้เรียนสาขาวิศวกรรมศาสตร์ที่ต้องการของภาคอุตสาหกรรม สำหรับพัฒนาข้อคำถามในแบบสอบถาม พร้อมสอบถามความคิดเห็นในภาพรวมด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative) ด้วยแบบสอบถาม จึงเป็นแบบแผนการวิจัยแบบผสมผสานด้วยแนวทางแบบสำรวจบุกเบิก – เป็นลำดับ (Exploratory – Sequential Approach) ชนิดการออกแบบการพัฒนาเครื่องมือ (Instrument-Development Design) คือ เป็นแบบแผนการวิจัยที่เน้นการวิจัยเชิงปริมาณโดยมีการวิจัยเชิงคุณภาพเป็นขั้นตอนย่อย การตีความจะใช้วิธีการวิจัยเชิงปริมาณเป็นตัวหลัก และวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพเป็นตัวรอง โดยผู้วิจัยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยแบ่งออกเป็นดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไป

2. ประเมินคุณลักษณะและสมรรถนะการปฏิบัติงานของนักศึกษาสหกิจศึกษาและนักศึกษา CWIE จากสถานประกอบการ และอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

3. ข้อดีร่วมของหลักสูตรสหกิจศึกษาและ CWIE

4. ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อทักษะเชิงวิชาชีพและวิชาการของนักศึกษา CWIE

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

รายการ		จำนวน	ร้อยละ (คน)
“หลักสูตร วิศวกรรมการผลิต-อุตสาหกรรม Coop”	วิศวกรรมอุตสาหการ	18	18.18
	วิศวกรรมโทรคมนาคม	19	19.19
	วิศวกรรมเครื่องจักรกล เกษตร	11	11.11
หลักสูตร CWIE	วิศวกรรมเครื่องกลการผลิต-วิศวกรรมผลิตภัณฑ์ และเครื่องตี	10	10.10
	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อัจฉริยะ (ต่อเนื่อง)	34	34.34
	เทคโนโลยีสมัยใหม่ทาง อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล (ต่อเนื่อง)	7	7.07
รวม		99	100

จากตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปพบว่าจำนวนนักศึกษาหลักสูตร Coop ทั้งหมด 48 คน คิดเป็นร้อยละ 48.48 โดยแบ่งเป็น 3 สาขาวิชา คือ วิศวกรรมอุตสาหการ จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 18.18 วิศวกรรม โทรคมนาคม จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 19.19 และวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร 11 คน คิดเป็นร้อยละ 11.11 และจำนวนนักศึกษาหลักสูตร CWIE จำนวน 51 คนคิดเป็นร้อยละ 51.51 ประกอบด้วย 3 สาขาวิชา คือ วิศวกรรมเครื่องกลการผลิต-วิศวกรรมผลิตภัณฑ์และเครื่องตี จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 10.10 วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ (ต่อเนื่อง) จำนวน 34 คน คิด

เป็นร้อยละ 34.34 และเทคโนโลยีสมัยใหม่ทางอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล (ต่อเนื่อง) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 7.07 เพื่อให้การวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลได้ชัดเจน ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างจาก สาขาที่มีศาสตร์เหมือนกันหรือใกล้เคียงกัน อาจารย์ผู้รับสอนกลุ่มเดียวกัน

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบผลการประเมินคุณลักษณะและสมรรถนะการปฏิบัติงานนักศึกษาสหกิจศึกษากับนักศึกษา CWIE จากสถานประกอบการ

รายการ	หลักสูตร				t	p
	coop		CWIE			
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ผลสำเร็จของงาน	4.43	0.497	4.45	0.499	-0.2557	0.7991
ความรู้ความสามารถ	4.31	0.610	4.33	0.615	-1	0.3222
ความรับผิดชอบต่อนหน้าที่	4.14	0.658	4.16	0.689	-0.1585	0.8746
ลักษณะส่วนบุคคล	4.24	0.686	4.22	0.602	0.2557	0.7991

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบผลการประเมินคุณลักษณะและสมรรถนะการปฏิบัติงานนักศึกษาสหกิจศึกษากับนักศึกษา CWIE จากอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

รายการ	หลักสูตร				t	p
	coop		CWIE			
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความรับผิดชอบต่อหน้าที่	4.41	0.499	4.32	0.503	1.2903	0.2002
ความรู้ความสามารถในการปฏิบัติงาน	4.48	0.505	4.47	0.512	0.3147	0.7537
คุณลักษณะส่วนบุคคล	4.31	0.535	4.37	0.504	-0.7367	0.4631

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการประเมินนักศึกษาสหกิจศึกษากับนักศึกษา CWIE จากสถานประกอบการ พบว่า สมรรถนะในแต่ละด้าน ไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ที่ระดับ 0.05 กล่าวคือ นักศึกษาสหกิจศึกษาและนักศึกษา CWIE มีสมรรถนะในแต่ละด้าน ไม่ว่าจะเป็นผลสำเร็จของงาน ความรู้ความสามารถ ความรับผิดชอบต่อนหน้าที่ คุณลักษณะส่วนบุคคล ไม่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการประเมินนักศึกษาสหกิจศึกษากับนักศึกษา CWIE จากอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร พบว่า สมรรถนะในแต่ละด้านใน ไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กล่าวคือ นักศึกษาสหกิจศึกษาและนักศึกษา CWIE มีสมรรถนะในแต่ละด้าน ไม่ว่าจะเป็นความรับผิดชอบต่อนหน้าที่ ความรู้ความสามารถในการปฏิบัติงาน คุณลักษณะส่วนบุคคล ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 ตารางแสดงข้อดีรวมของหลักสูตรสหกิจศึกษาและหลักสูตร CWIE

ลำดับ	จุดเด่นของนักศึกษา	ความถี่ (ครั้ง)
1	กระตือรือร้น มุ่งมั่น ขยัน อดทน ใฝ่รู้ สนใจและตั้งใจทำงานที่ได้รับมอบหมายเป็นอย่างดี	35
2	สามารถเข้ากับผู้อื่นได้ดี มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี มีมารยาท ทำงานเป็นทีมได้ดี	22
3	ทำงานที่ได้รับมอบหมายได้ทันเวลาที่กำหนด มีความสม่ำเสมอ	20
4	ปฏิบัติงานเสร็จเร็วและปลอดภัย	16
5	ตรงต่อเวลาในการทำงาน มีความรับผิดชอบต่อนงานที่ได้รับมอบหมาย	15
6	มีความเรียบร้อย สุภาพ รู้จักกาลเทศะ อ่อนน้อม มีน้ำใจ ช่วยเหลือ มีจิตอาสา เอื้อเฟื้อช่วยเหลือผู้อื่น อภัยด้วยดี	14

จากตารางที่ 4 ข้อดีรวมของหลักสูตรสหกิจศึกษาและ CWIE เห็นได้ว่าข้อดีรวมของหลักสูตรสหกิจศึกษาและหลักสูตร CWIE ได้แก่ กระตือรือร้น มุ่งมั่น ขยัน อดทน ใฝ่รู้ สนใจและตั้งใจทำงานที่ได้รับมอบหมายเป็นอย่างดี จำนวน 35 ครั้ง สามารถเข้า

กับผู้อื่นได้ดี มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี มีมารยาท ทำงานเป็นทีมได้ดี จำนวน 22 ครั้งทำงานที่ได้รับมอบหมายได้ทันเวลาที่กำหนด มีความสม่ำเสมอ จำนวน 20 ปฏิบัติงานเสร็จเร็วและปลอดภัย จำนวน 16 ครั้งตรงต่อเวลาในการทำงาน มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย จำนวน 15 ครั้ง มีความเรียบร้อย สุภาพ รู้จักกาลเทศะ อ่อนน้อม มีน้ำใจ ช่วยเหลือ มีจิตอาสา เอื้อเพื่อช่วยเหลือผู้อื่น อธิษาศัยดี จำนวน 14 ครั้ง

ตารางที่ 5 ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อทักษะเชิงวิชาชีพและวิชาการของนักศึกษา CWIE

ลำดับ	ประเด็น	ความถี่ (ครั้ง)
1	ความรู้ความเข้าใจ เข้าถึงหลักการ CWIE ของสถาบันอุดมศึกษา สถานประกอบการ นักศึกษา	34
2	กระบวนการก่อน ระหว่าง หลัง ปฏิบัติงาน การบริหารจัดการที่ดี	28
3	ด้านหลักสูตรการเรียนการสอน สถาบันการศึกษาและสถานประกอบการ ร่วมกันออกแบบหลักสูตรและระบบบริหารจัดการ	20
4	นักศึกษานำความรู้ทางทฤษฎีสู่การปฏิบัติกับงานจริง	18
5	ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ เครื่องมือ เทคโนโลยีที่ทันสมัย	15

จากตารางที่ 5 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อทักษะเชิงวิชาชีพและวิชาการของนักศึกษา CWIE เห็นได้ว่าผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อทักษะวิชาชีพและวิชาการของนักศึกษา CWIE พบว่าความรู้ความเข้าใจ เข้าถึงหลักการ CWIE ของสถาบันอุดมศึกษา สถานประกอบการ นักศึกษา จำนวน 34 ครั้ง กระบวนการก่อน ระหว่าง หลัง ปฏิบัติงาน การบริหารจัดการที่ดี จำนวน 28 ครั้ง ด้านหลักสูตรการเรียนการสอน สถาบันการศึกษาและสถานประกอบการ ร่วมกันออกแบบหลักสูตรและระบบบริหารจัดการ จำนวน 20 ครั้ง นักศึกษานำความรู้ทางทฤษฎีสู่การปฏิบัติกับงานจริง จำนวน

18 ครั้ง ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ เครื่องมือ เทคโนโลยีที่ทันสมัย จำนวน 15 ครั้ง

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาศึกษาจตุรมุมข้อดีของหลักสูตร CWIE พบว่าข้อดีร่วมของหลักสูตรสหกิจศึกษาและหลักสูตร CWIE ได้แก่ กระตือรือร้น มุ่งมั่น ขยันอดทน ใฝ่รู้ สนใจและตั้งใจทำงานที่ได้รับมอบหมายเป็นอย่างดี สามารถเข้ากับผู้อื่นได้ดี มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี มีมารยาท ทำงานเป็นทีมได้ดี ทำงานที่ได้รับมอบหมายได้ทันเวลาที่กำหนด มีความสม่ำเสมอ ปฏิบัติงานเสร็จเร็วและปลอดภัย ตรงต่อเวลาในการทำงาน มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย มีความเรียบร้อย สุภาพ รู้จักกาลเทศะ อ่อนน้อม มีน้ำใจ ช่วยเหลือ มีจิตอาสา เอื้อเพื่อช่วยเหลือผู้อื่น อธิษาศัยดี สอดคล้องกับคุณค่าที่องค์กรผู้ใช้บัณฑิตได้รับจากสหกิจศึกษาและการบูรณาการการทำงานกับการ เรียนรู้ [8] และการศึกษาปัจจัยผลกระทบต่อทักษะเชิงวิชาชีพและวิชาการของนักศึกษา CWIE พบว่า ความรู้ความเข้าใจ เข้าถึงหลักการ CWIE ของสถาบันอุดมศึกษา สถานประกอบการ นักศึกษา กระบวนการก่อน ระหว่าง หลัง ปฏิบัติงาน การบริหารจัดการที่ดี ด้านหลักสูตรการเรียนการสอน สถาบันการศึกษาและสถานประกอบการ ร่วมกันออกแบบหลักสูตรและระบบบริหารจัดการ นักศึกษานำความรู้ทางทฤษฎีสู่การปฏิบัติกับงานจริง ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ เครื่องมือ เทคโนโลยีที่ทันสมัย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น สนับสนุนทุนดำเนินงานวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ตามสัญญาเลขที่ ENG26/66 ผลผลิตที่ 6 ผลงานวิจัยเพื่อสร้างองค์ความรู้ บุดหนุน โครงการวิจัยสถาบันสำหรับบุคลากรสายวิชาการและสายสนับสนุน



เอกสารอ้างอิง

- [1] <https://cwie.mhesi.go.th> [Online]
สืบค้นเมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2567
- [2] สมาคมสหกิจศึกษาไทย. (2552). มาตรฐานและการประกันคุณภาพการดำเนินงาน สหกิจศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 1. ม.ป.ท. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.
- [3] กมลวรรณ แสงทอง และณัฐพงศ์ ทองเทพ. (2566). ศักยภาพของนักศึกษาสหกิจศึกษาในมุมมองของสถานประกอบการต่อการพัฒนางานสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต. *Journal of Information and Learning* Volume 34, Issue 3, pp.46-61.
- [4] Jamshed, S. (2014). Qualitative Research Method-interviewing and Observation. *Journal of Basic and Clinical Pharmacy*, 5(4), pp.87-88.
- [5] Bloor, M., Frankland, F., Thomas, M. & Robson, K. (2001). Focus groups in social research. Thousand Oask: SAGE Publications
- [6] ภิญโญ รัตนพันธ์. (2552). Appreciative Inquiry คืออะไรใครใช้. [Online]. www.gotoknow.org/posts/314324. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2567
- [7] ประวีณา ชัยเลิศ. (2559). แนวทางการพัฒนาระบบการนิเทศงานนักศึกษาสหกิจศึกษา โดยกระบวนการสุนทรียสาธก กรณีศึกษา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น. รายงานการศึกษาอิสระปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [8] เรืองยศ วัชรเกตุ. (2553). สหกิจศึกษากับการพัฒนาคุณภาพบัณฑิตสู่ตลาดแรงงาน. *วารสารนักบริหาร*, 30(1), หน้า 101- 104.

Solar Photocatalytic Oxidation of As^{3+} in Aqueous Solution by $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ and $\text{Ag.TiO}_2/\text{SrCO}_3$ Composite Photocatalysts

Pakpoom Hanpee^{1*}, Jukkriwut Morkarn², Oranooch Somseemee² and Wichien Sang-aroon²

¹ Regional Medical Sciences Center 7 Khon Kaen, 349 Moo 19, Siharat Dechochai Road, Sila, Muang Khon Kaen, Khon Kaen, 40000

² Department of Chemistry, Faculty of Engineering, Rajamagala University of Technology Isan, Khon Kaen campus, 150 Moo 6, Srichan Road, Muang Khon Kaen, Khon Kaen, 40000

*Corresponding Author: pakpoomkem@gmail.com

Received 14 December 2024; Received in revised form 27 December 2024; Accepted 28 December 2024

Abstract

This work has observed and reported solar photocatalytic oxidation of As^{3+} in an aqueous solution by Ag-SrTiO_3 . The effect of pH, catalyst loading, initial concentration of As^{3+} , and sacrificial reagent was investigated. The thermodynamics and kinetics of conversion of As^{3+} to As^{5+} were determined by the change in As^{3+} concentration by utilizing UV-Vis spectrophotometry as a function of irradiation time. The observed kinetics of photocatalytic oxidation of As^{3+} follows a pseudo-first-order kinetic model. The results showed a significant dependence of the photocatalytic oxidation of As^{3+} on the functional parameters.

Keywords: Photocatalytic oxidation; As^{3+} ; Advance oxidation process; Ag-SrTiO_3 ; Solar light

1. Introduction

Arsenic is one of the most toxic and carcinogenic elements [1] and is occupied in the VA group in the periodic table. The most common oxidation state is trivalent (As^{3+}) but less in the pentavalent (As^{5+}) state. As^{3+} is presented in the form of both organic and inorganic species in natural water. The species of inorganic arsenic are dependent on the redox conditions and the pH. It is known that As^{3+} is high and more toxic than those As^{5+} . Many countries have geological environments conducive to the generation of high-arsenic groundwater [2]. Wild-spread contamination of arsenic in groundwater has

led to a massive epidemic of arsenic poisoning. Based on the World Health Organization; WHO's standards, arsenic concentrations have to be under 10 ppb but it is estimated that more than 57 million people from around the world are drinking arsenic-contaminated groundwater above that standard concentration [3]. Therefore, it is important to find new methods or technology to access this regulation. A large number of technologies have been tested for the removal of arsenic from groundwater [4]. The methods include coagulation and precipitation [5], membrane separation [4], ion exchange [6], and adsorption [7].

However, these methods also contain a waste stream of As^{3+} and need further methods to oxidize As^{3+} to As^{5+} before release to the environment. According to the slow rate of oxidation by oxygen, more oxidizing species such as chlorine, ozone, or permanganate are needed. Unfortunately, the use of those oxidizing species may cause toxic species by-products, for example, the use of chlorine can generate organochlorine compounds which are toxic substances.

In recent areas, advanced oxidation processes (AOPs) have been found as an effective and alternative way for the treatment of organic and inorganic substances. AOPs result in the generation of hydroxyl radicals ($OH\cdot$) as main oxidizing agents which can remove even nonbiodegradable organic and inorganic compounds from the wastewater stream. The AOPs based on photocatalysts are valuable in completely degrading organic pollutants to CO_2 and H_2O . Similarly, photocatalysts have easily converted the inorganic pollutant from highly toxic species to less toxic species. The best methodology for the treatment of toxic organic and inorganic effluents is using the oxide of semiconductors as photocatalyst such as TiO_2 , ZnO , ZnS , WO_3 , CdS , Fe_2O_3 , and $SrTiO_3$ [8-13]. Among them, TiO_2 has been widely applied as a photocatalyst due to its high activity, nontoxicity, chemical stability, lower costs, optical and electrical properties, and environment-friendly characteristics.

Photocatalytic activity of TiO_2 can be improved by doping metal and/or forming composite with other materials. $SrCO_3$ can

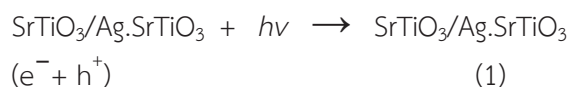
be used as a composite for the oxide of semiconductors in the field of photocatalysis based on its high adsorption ability. So, in this work, solar photocatalytic oxidation of As^{3+} in aqueous solution by $TiO_2/SrCO_3$ and $Ag-TiO_2/SrCO_3$ has been reported. The effects of parameters such as pH, catalyst loading, and initial concentration of As^{3+} were investigated. The kinetic conversion of As^{3+} to As^{5+} was determined by the change in As^{3+} concentration by employing a UV-Vis spectrophotometer as a function of irradiation time. The thermodynamic quantities of the photocatalytic reaction were also determined and reported.

2. Experimental

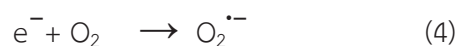
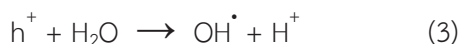
2.1 Overview of photocatalytic oxidation

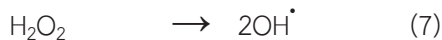
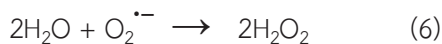
The photocatalytic oxidation of $SrTiO_3$ and $Ag.SrTiO_3$ is described in Fig. 1. The photocatalytic process occurs with 3 main steps including:

1) Charge separation step; a step in which photocatalyst absorbs photon then electrons from the valence band are excited to conduction band forming an electron-hole as eq. 1 separation:



2) Radical formation; The important step that strong oxidizing species such as $OH\cdot$, $H\cdot$ and $O_2^{\cdot-}$ are formed via equation (2)-(8)





when

h^+ is valence band hole

e^- is conduction electron

$\text{OH}^\bullet$ is hydroxyl radical

$\text{O}_2^{\bullet-}$ is superoxide ion radical

$\text{OH}_2^\bullet$ is perhydroxyl radical

$\text{H}^\bullet$ is hydrogen radical

3) Electron-hole recombination;

conduction band electron can be recombined with a valence hole as equation:



$\text{OH}^\bullet$, $\text{O}_2^{\bullet-}$, $\text{OH}_2^\bullet$, and $\text{H}^\bullet$ are strong oxidizing species that can be formed by both valence hole and conduction band electrons.

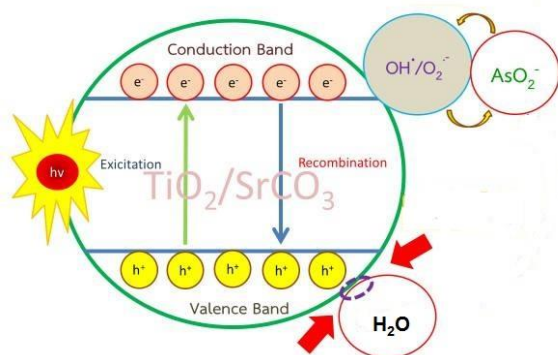


Figure 1 Schematic representation of photocatalytic oxidation of arsenic by $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$

2.2 Synthesis of $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ and $\text{Ag}_2\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$

The composite $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ powders were synthesized by sol-gel method by using TiO_2 and SrCO_3 as starting materials. The amount of starting materials was calculated with a 1:1 mole ratio. The two materials

were mixed well in HCl solution pH 1. The slurry was stirred well and then dried in the air oven at 100 °C for 12 hrs. The dried solid was grounded in an agate mortar and then calcined at 600 °C for 6 hrs in a furnace.

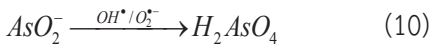
The photocatalysts; $\text{Ag}_2\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ was synthesized by the photodeposition method. 2 g of obtained $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ was dissolved in 50 mL of deionized water. The solution was adjusted to pH 1 by HCl solution. The amount of AgNO_3 (QReC Co, Ltd) with a 1-mole ratio versus SrTiO_3 was required to be added into a slurry. The slurry was stirred well under UV irradiation for 3 hrs and then dried in the air oven at 100 °C for 12 hrs. The dried solid was grounded in an agate mortar and then calcined at 600 °C for 6 hrs in a furnace.

2.3 Photocatalytic determination

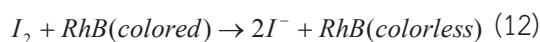
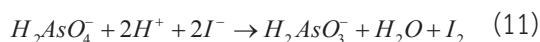
Photocatalytic activity of $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ and $\text{Ag}_2\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ were performed by the batch technique. The parameters affecting the photocatalytic efficiency of the photocatalysts were studied including initial concentration of As^{3+} , amount of photocatalyst, pH of solution, and temperature. Each photocatalytic experiment was performed in a 500 mL beaker. During the experiment, the test solution in the beaker was constantly stirred and illuminated by the sun. One gram of photocatalyst was added into 250 mL of NaAsO_2 (QRec Co, Ltd) solution sample. Concentrations of NaAsO_2 solution were 0.5, 1, 5, 10 and 50 ppm. Each experiment was run within 1 hour. All experiments were carried out at ambient temperature. The radiation density flux on the reactor was determined by a light meter for each run.

2.4 Determination of As³⁺ concentration

The oxidizing species can oxidize As³⁺ O₂⁻ to H₂AsO₄⁻ as in equation:



The concentration of residual As³⁺ in the solution at various times was determined colorimetric method. The method employs oxidation of H₂AsO₄⁻ by I⁻ then I₂ (eq. 2) which is a product of the reaction was reduced by rhodamine B. The disappearance of rhodamine B is related to the concentration of As³⁺ (eq. 3). The absorbance of rhodamine B was determined at 543 nm by UV-Vis spectrophotometer (T80+ model UV-Vis spectrophotometer, PG Instrument Ltd)



2.5 Photocatalytic oxidation efficiency

The efficiency is calculated based on the equation:

$$\% \text{efficiency} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \quad (13)$$

where C₀ and C_t are initial and variable concentrations of As³⁺, respectively.

2.6 Photocatalytic oxidation kinetics

The kinetics of the photocatalytic oxidation of As³⁺ by the photocatalysts was analyzed in terms of pseudo first- and second-order kinetic models. A plot of ln(C₀ - C_t) versus times is used to describe the pseudo-first-order kinetic model as the following equations (14):

$$\ln(C_0 - C_t) = \ln(C_0) - k_1 t \quad (14)$$

when k₁ is a pseudo-first-order rate constant obtained from the slope of the straight line.

The plot of 1/C_t versus times is described by the pseudo-second-order kinetic models as shown in the equation:

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_0} + k_2 t \quad (15)$$

2.7 Photocatalytic oxidation thermodynamics

The thermodynamic properties of the photocatalytic oxidation of TiO₂/SrCO₃ and Ag₂TiO₂/SrCO₃ employed the Arrhenius equation. A plot between ln(k) and $\frac{1}{T}$ given a strength line and activation energy (E_a) can be found in the equation (16).

$$\ln(k) = \frac{-E_a}{RT} \quad (16)$$

A plot between $\frac{\ln(k)}{T}$ and $\frac{1}{T}$ given a strength line and activation enthalpy (ΔH[†]) can be calculated from slop and ΔS[†] can be found in the equation (17).

$$\frac{\ln(k)}{T} = \frac{\Delta H^\dagger}{RT} + \frac{\Delta S^\dagger}{R} \quad (17)$$

The free energies (ΔG[†]) at various temperatures can be calculated from eq. (18)

$$\Delta G^\dagger = \Delta H^\dagger - T\Delta S^\dagger \quad (18)$$

3. Results and discussion

3.1 Characterization

The synthesized composite photocatalysts were obtained and characterized by scanning electron microscope (SEM). Figure 2 represents the SEM images for TiO₂, SrCO₃, and photocatalyst. It was found that the SEM images of SrCO₃ and photocatalyst are similar and TiO₂ is distributed on the surface of SrCO₃.

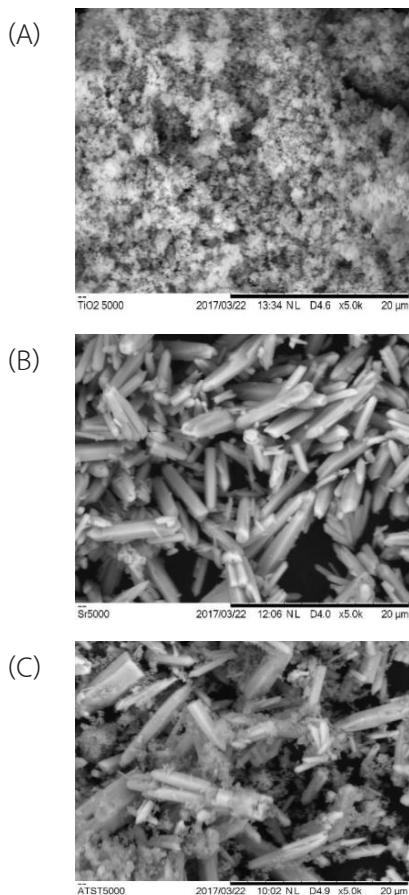


Figure 2 SEM images of TiO_2 , SrCO_3 , and $\text{TiO}_2\cdot\text{SrCO}_3$ photocatalyst.

3.2 Effect of pH

The effects of various pH were investigated and the results are shown in Fig. 3. The experiment was conducted with an arsenic initial concentration of 1 ppm and 1 g of $\text{TiO}_2/\text{SrTiO}_3$. As shown in Fig. 4, the maximum removal of arsenic of 97% was observed in pH 1 and decreased gradually when pH was higher at 2, 3 and 5. As a result, the acidic condition, especially pH 1 led to the $\text{TiO}_2/\text{SrTiO}_3$ surface being mostly positive and attracted arsenic which possesses a negative charge to the surface via electrostatic force. This accelerates the conversion rate of arsenic [14].

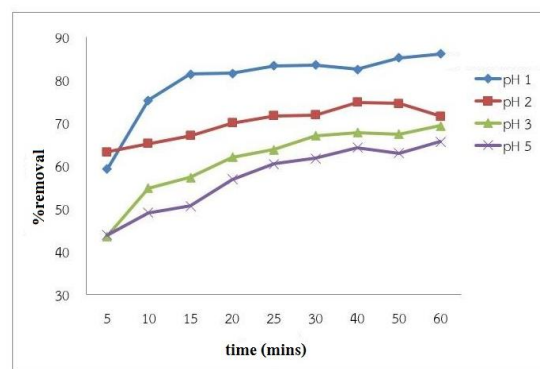


Figure 3 Effect of pH on the photocatalytic efficiency

3.3 Effects of initial arsenic concentration

The effect of different initial NaAsO_2 concentrations of its removal in pH 1 is shown in Fig. 3. It is shown that initial arsenic concentrations strongly affected its removal. The removal decreased as the initial concentration gradually increased from 0.5 to 50 ppm. When the amount of arsenic is small, the electron-hole separation would be archived. The photogenerated electrons efficiently transfer from the catalyst to adsorbed oxygen forming a larger number of reactive $\text{O}_2^{\cdot-}$ radical. The water molecules act as electron donors for hole regeneration then forming $\text{OH}^{\cdot}$. These radicals react with arsenic effectively and accelerate the oxidation of arsenic. However, a higher amount of arsenic leads to its deposition which could cover more on $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ surface and hinder the contact between $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ and arsenic which would increase diffuse distance and decrease the number of received photons. In addition, as the radical densities were equal in all solutions, a solution with a low concentration of arsenic with the same $\text{OH}^{\cdot}$ and $\text{O}_2^{\cdot-}$ formation rate

would have a higher conversion rate than a higher concentration of arsenic. The result is in agreement well with the previous experiment [15].

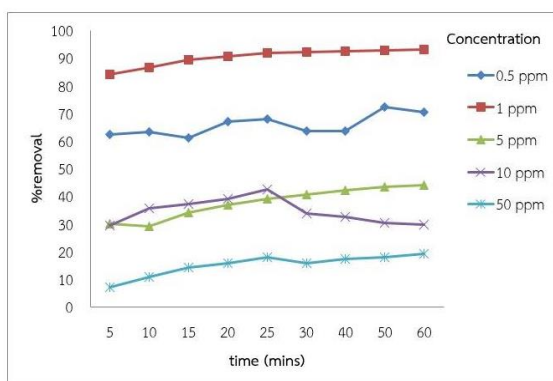


Figure 4 Effect of initial concentration of arsenic on photocatalytic efficiency

3.4 Effect of photocatalyst loading

The effects of different $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ loading on arsenic removal were investigated in Fig. 5. The concentration of arsenic is 1 ppm, pH 1. As shown in the Fig. 5, as the amount photocatalyst increased from 1 g to 1.5 g, the removal of arsenic is increased but the removal is decreased when the amount of photocatalyst is higher than 1.5 g. This may be due to the larger amount of photocatalyst obscuring the penetration of light leading to a decrease of photocatalytic oxidation of arsenic on photocatalyst surface.

3.5 Photocatalytic efficiency between $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ and $\text{Ag.TiO}_2/\text{SrCO}_3$

Based on the optimum condition for $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ including pH 1, initial concentration of arsenic 1 ppm, and catalyst loading 1 g, the photocatalytic efficiency of $\text{Ag.TiO}_2/\text{SrCO}_3$ was observed in the same condition. The photocatalytic efficiency of

the two photocatalysts is shown in Fig. 6. As a result, the doping of silver accelerates the photocatalytic oxidation of arsenic from 92% to 96% which very high initial rate of removal (90%). The higher removal efficiency of $\text{Ag.TiO}_2/\text{SrCO}_3$ than $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ is due to the Ag atom capturing photogenerated electrons and transferring the electron effectively to oxygen molecule to form radical. In addition, the doping of the Ag atom can prohibit or decrease the electron-hole recombination which enhances the number of the photogenerated electrons in the conduction band of the photocatalyst.

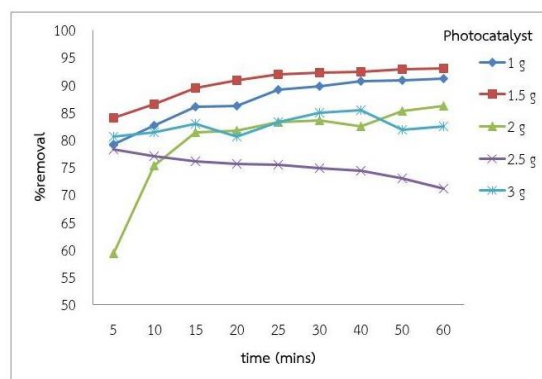


Figure 5 Effect of photocatalyst loading on photocatalytic

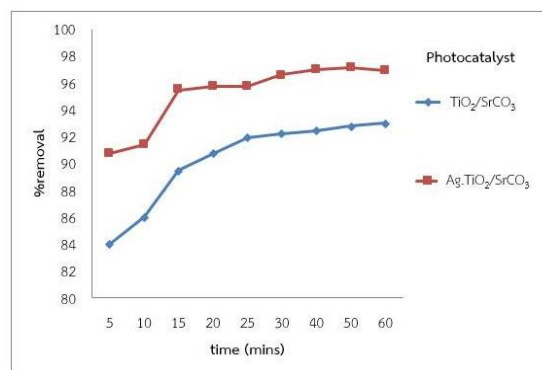


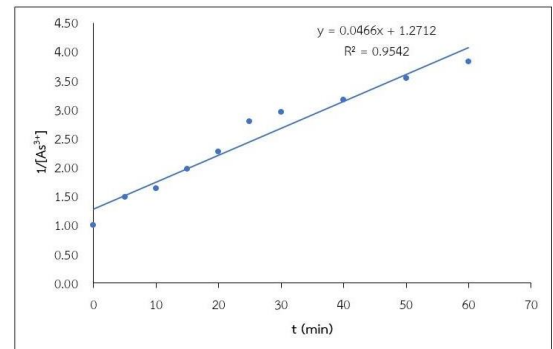
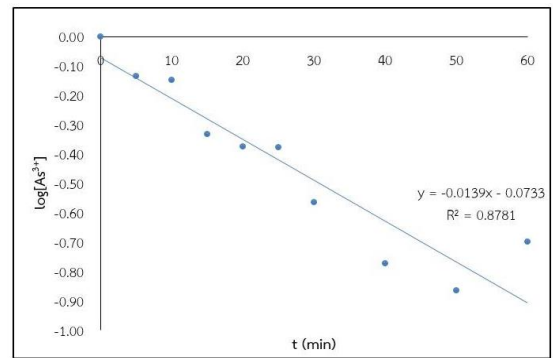
Figure 6 Photocatalytic oxidation of $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ and $\text{Ag.TiO}_2/\text{SrCO}_3$ and interval time

3.6 Kinetics of photocatalytic efficiency between $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ and $\text{Ag.TiO}_2/\text{SrCO}_3$

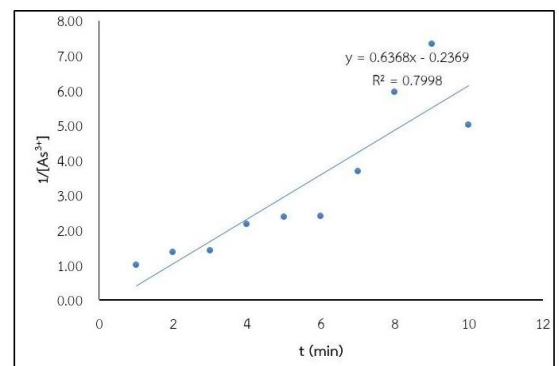
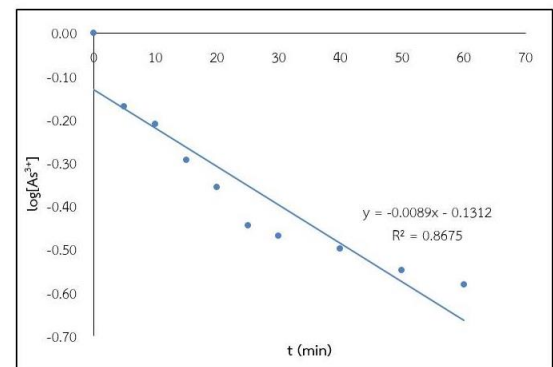
Kinetics of the photocatalytic oxidation of As^{3+} by $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ and $\text{Ag.TiO}_2/\text{SrCO}_3$ were observed. The kinetic data at various temperatures are shown in Table 1. Concentrations of As^{3+} in the test solution at the available time were determined from the standard concentration curve. Figure 7 represents a plot of $\ln ([\text{As}^{3+}]_0/[\text{As}^{3+}])$ versus time and $1/[\text{As}^{3+}]$ versus time to follow the first-order and second-order kinetic reactions, respectively. Based on the R^2 of the linear plots, the kinetic of photocatalytic oxidation of $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ follows the second-order (R^2 0.9542) while of $\text{Ag.TiO}_2/\text{SrCO}_3$ follows the first-order (R^2 0.8675) model. It suggests that doping metal can change the kinetic of the photocatalyst.

Table 1 Rate constants of the kinetic models of photocatalytic oxidation of arsenic of $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ and $\text{Ag.TiO}_2/\text{SrCO}_3$

photocatalysts	T	Pseudo first order	Pseudo second order
	(K)	$k_1(\text{m}^{-1})$	$k_2(\text{M}^{-1}\text{m}^{-1})$
$\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$	33	3.50×10^{-2}	3.70×10^{-2}
	43	1.50×10^{-2}	6.90×10^{-4}
	53	8.00×10^{-3}	6.00×10^{-3}
$\text{Ag.TiO}_2/\text{SrCO}_3$	33	2.30×10^{-2}	1.30×10^{-2}
	43	8.00×10^{-3}	2.40×10^{-4}
	53	2.60×10^{-2}	1.60×10^{-5}



(a)

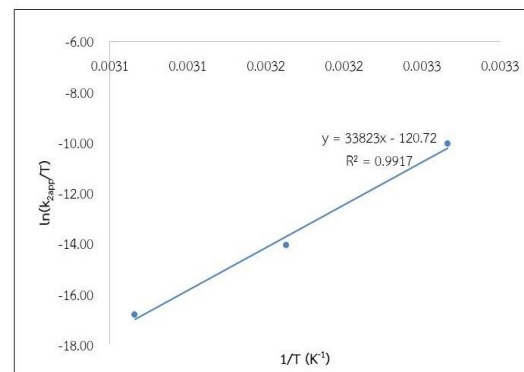
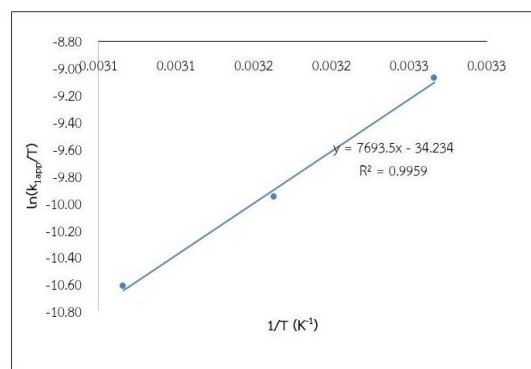


(b)

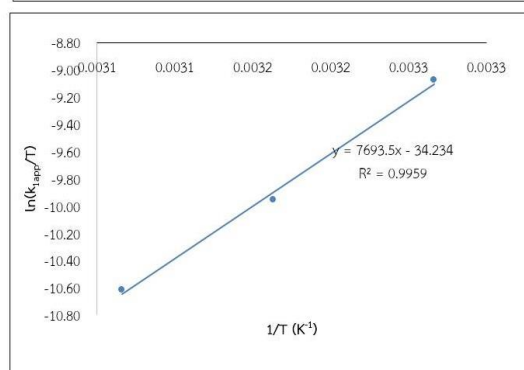
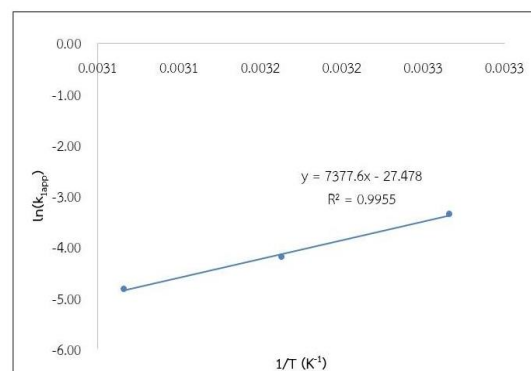
Figure 7 Linear plot of the first- and second-order kinetics of photocatalytic oxidation of arsenic by (a) $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ and (b) $\text{Ag.TiO}_2/\text{SrCO}_3$

3.7 Thermodynamics of photocatalytic efficiency between $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ and $\text{Ag.TiO}_2/\text{SrCO}_3$

A plot of $\ln(k)$ at various temperatures versus $1/T$ based on eq.16 of photocatalytic efficiency of the two photocatalysts is shown in Fig. 9. The corresponding activation energies are obtained from the slop. In addition, a plot of $\ln(k)/T$ at various temperatures versus $1/T$ based on eq.17 of photocatalytic efficiency of the two photocatalysts is also shown in Fig. 8. The corresponding activation enthalpy and entropy were obtained from the slope and y-intercept, respectively. The kinetic and thermodynamic data are tabulated in Table 2. Gibbs free energy of activation ($\Delta G^\ddagger$), determines the rate at which a certain reaction will undergo at a given temperature, and as we see the reaction is possible under the conditions considered. The high values of $\Delta G^\ddagger$ reveal that the formation of the activated complex is slow. Amount of binding energy; $\Delta H^\ddagger$ is gained in the transition state relative to the ground state (including solvent effects). For a bimolecular reaction $\Delta S^\ddagger \ll 0 \text{ J/mol.K}^{-1}$. The large negative value of $\Delta S^\ddagger$ in this reaction suggests a considerable degree of charge separation in the activated complex. This results in an immobilization of a large number of solvent molecules, reflected in loss of entropy. The plots are based on eq. 16 and 17 are in agreement well with [16]. Doping of Ag clearly accelerates the catalytic activity of the $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ system.



(a)



(b)

Figure 8 A plot of $\ln(k)$ at various temperatures versus $1/T$ and a plot of $\ln(k)/T$ at various temperatures versus $1/T$

Table 2 Thermodynamic data of photocatalytic oxidation of arsenic by $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ and $\text{Ag.TiO}_2/\text{SrCO}_3$

$\text{Ag.TiO}_2/\text{SrCO}_3$				
Temp. (°C)	$\Delta E^\#$ (kJ/mol)	$\Delta H^\#$ (kJ/mol)	$\Delta S^\#$ (J/mol.K)	$\Delta G^\#$ (kJ/mol)
33				88.03
43	0.86	73.53	-287.33	90.91
53				93.79

$\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$				
Temp. (°C)	$\Delta E^\#$ (kJ/mol)	$\Delta H^\#$ (kJ/mol)	$\Delta S^\#$ (J/mol.K)	$\Delta G^\#$ (kJ/mol)
33				106.62
43	352.21	325.11	-347.19	110.09
53				113.56

4. Conclusion

Photocatalytic removal of As^{3+} from aqueous solution using synthesized $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ and $\text{Ag.TiO}_2/\text{SrCO}_3$ under solar light irradiation was studied. The effect of the initial concentration of As^{3+} , solution pH, photocatalyst loading, and temperature was taken into account. Maximum removal of As^{3+} was observed at pH 1, 1 ppm initial concentration of As^{3+} , and 1 g of photocatalysts at ambient conditions. The removal efficiency of As^{3+} by $\text{Ag.TiO}_2/\text{SrCO}_3$ is higher than those of $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$. The kinetics of both systems are different which photocatalytic kinetic of $\text{TiO}_2/\text{SrCO}_3$ followed the second-order while of $\text{Ag.TiO}_2/\text{SrCO}_3$ followed the first-order reaction.

5. Acknowledgement

This work was financially supported by The Faculty of Engineering, Khon Kaen campus to PH and JM through the undergraduate project development fund.

6. References

- [1] Mahata, B. J., Gupta, S., and Giri, A.K. (2001) Genetic toxicology of a paradoxical human carcinogen, arsenic: A review. *Mutat. Res. Rev. Mutat. Res.* Vol.488, 171-194.
- [2] Mandal, B.K., Suzuki, K.T., (2002) Arsenic round the world: A review. *Talanta*, vol.58, pp.201-235.
- [3] USEPA, (2002), Arsenic and clarifications to compliance and new source contaminants monitoring: Final rule (66 FR 6976). *U.S. Environmental Protection Agency (USEPA)*, USA., August 2002.
- [4] Choong, T.S.Y., Chuah, T.G., Robiah, Y., Koay, F.L.G., and Azni, I. (2007) Arsenic toxicity, health hazards and removal techniques from water: An overview, *Desalination*, vol.217, pp.139-166.
- [5] Hering, J.G., Chen, P.Y., Wilkie J.A., and Elimelech, M. (1997) Arsenic removal from drinking water during coagulation. *J. Environ. Eng.* vol.123, pp.800-807.
- [6] Waypa, J.J., Elimelech, M., and Hering, J.G. (1997) Arsenic removal bu RO and NF membrane, *J. Am. Water Works Assoc.* vol.89, pp.102-114.
- [7] Wahabet, R.I., Hwang, H., Kim, Y.-S. (2011) Non-hydrolytic synthesis and photocatalytic studies of ZnO nanoparticles, *Chem. Eng. J.* vol.175, pp.450-457.
- [8] Byrappa, K., Subramani, A.K., Ananda, S., Rai, K.M.L., Dinesh, R., and Yoshimura, M. (2006) Photocatalytic degradation of rhodamine B dye using hydrothermally synthesized ZnO, *Bull. Mat. Sci.*, vol.29(5), pp.433-438.



[9] Soltaninezhad M., and Aminifar, A. (2011) Study nanostructures of semiconductor zinc oxide (ZnO) as a photocatalyst for the degradation of organic pollutants, *Int. J. Nano. Dimens.*, vol.2(2), pp.137–145,

[10] Sathishkumar, P., Pugazhenthiran, N., Mangalaraja, R.V., Asiri, A.M., and Anandan, S. (2013) ZnO supported CoFe₂O₄ nanophotocatalysts for the mineralization of Direct Blue 71 in aqueous environments, *J. Haz. Mat.* Vol.252-253, pp.171–179.

[11] Awual, M.R., Urata, S., Jyo, A., Tamadam, M., and Katakai, A. (2008) Arsenate removal from water by a weak-base anion exchange fibrous adsorbent. *Water Res.* vol.42, pp. 689-696.

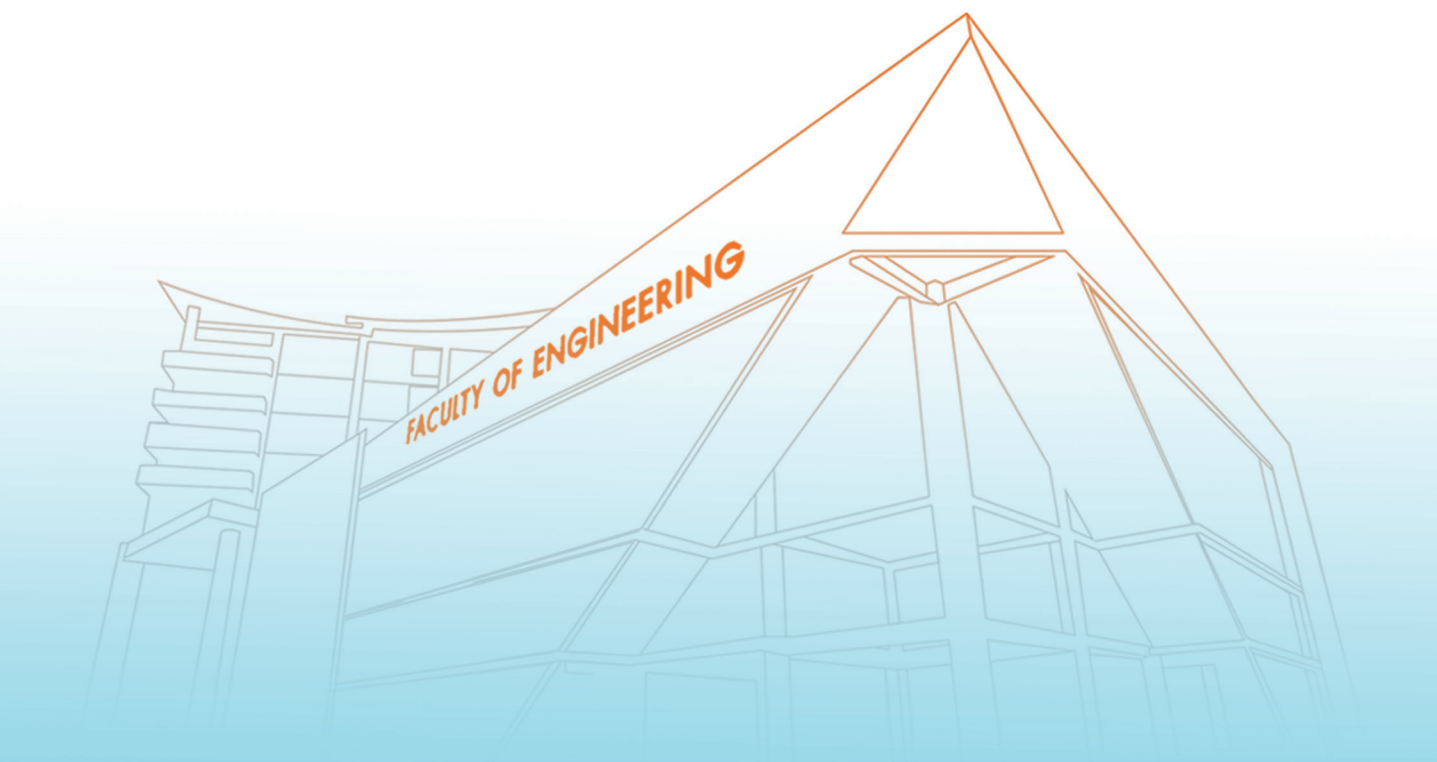
[12] Rajabi, H. R., Khani, O., Shamsipur, M., and Vatanpour, V. (2013) High performance pure and Fe ion doped ZnS quantum dots as green nanophotocatalysts for the removal of malachite green under UV-light irradiation, *J. Haz. Mat.* vol.250-251, pp.370–378.

[13] Karimi, L., Zohoori, S., and Yazdanshenas, M.E., (2014) Photocatalytic degradation of azo dyes in aqueous solutions under UV irradiation using nano-strontium titanate as the nanophotocatalyst, *J. Saudi. Chem. Soc.* vol.18(5) pp.581–588.

[14] Kummung, S., Wongwilas, S., Somseemee, O., Sang-aroon W. (2014), Photocatalytic reduction of Cr(VI) in aqueous solution by silver doped zinc oxide under ultraviolet light irradiation, *RMUTI J.* vol.6(2), pp.1-14.

[15] Kalpeshlsai, A.I., and Shrivastava, V. (2019) Photocatalytic degradation of methylene blue using ZnO and 2%Fe–ZnO semiconductor nanomaterials synthesized by sol–gel method: a comparative study, *SN Applied Sciences*, 1(10) pp.1247-1257.

[16] Tinsay, M., and Siraj, K. (2011). Kinetics and Mechanism of Oxidation of Glycolic Acid by Hexamethylenetetramine-Bromine in Glacial Acetic Acid Medium. *European Journal of Scientific Research*. 49. 49-60.



งานบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

โทรศัพท์ 043-283700 กด 83120 โทรสาร 043-338870

อีเมล gs.eng.kkc@rmuti.ac.th, gs.eng.rmuti.kkc@gmail.com

Website : www.eng.rmuti.ac.th