

## วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

### ที่ปรึกษา

ศาสตราจารย์ ดร.สมฤกษ์  
รองศาสตราจารย์ ดร.ชนศักดิ์

จันทร์อัมพร  
 پایเที่ยง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

### หัวหน้ากองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ

เชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

### รองหัวหน้ากองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปุมยศ

ศิริปรัชญานันท์  
วัลลภกุล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

### กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.โกสินทร์

จำนงไทย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ศาสตราจารย์ ดร.จงจิตร

หิรัญลาภ

มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

ศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา

ธารีบุญ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ศาสตราจารย์ ดร.ชูกิจ

ลิมปิฉานงค์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ศาสตราจารย์ ดร.दनัย

ด. รุ่งเรือง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก

ลาวัลย์ศิริ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์ ดร.ถวิล

พึงมา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ศาสตราจารย์ ดร.ธนารักษ์

ธีระมันคง

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศาสตราจารย์ ดร.ปิติ

สุคนธ์สุขกุล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ศาสตราจารย์ ดร.ประยูทธ

อัศวเอกฉាលิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ศาสตราจารย์ ดร.มดุงศักดิ์

รัตนเดโช

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์

ศุภผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์ ดร.ภูมิ

คำเอม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ศาสตราจารย์ ดร.สนอง

เอกสิทธิ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์ ดร.สมชาติ

โสภณรณฤทธิ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ศาสตราจารย์ ดร.สุขสันต์

หอยพิบูลสุข

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ศาสตราจารย์ ดร.สุวัฒน์

กุลธนาปริดา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ศาสตราจารย์ ดร.เสาวณิต

สุขภารังษิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ศาสตราจารย์ ดร.อรุณกร

แก่งพล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.สมโภชน์

น้อยจินดา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.มาลินี

ศรีอริยนันท์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประหยัด

แสงงาม

มหาวิทยาลัยศิลปากร

### ฝ่ายประสานงานและจัดการ

อาจารย์ทองพูล หีบไธสง

นายจันทพงษ์ บุตรลักษณ์

นางสาวธิดิมา ไชยกิจ

นางสาวนงนารถ อุดมทรัพย์ยิ่ง

นางสิริวรรณ อยู่ผ่อง

### วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น สาขาวิชาด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ อุตสาหกรรมเกษตร เทคโนโลยีสารสนเทศ สถาปัตยกรรม รวมทั้งวิชาการชั้นสูงที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจและอุตสาหกรรม

กำหนดออกวารสาร ปีละ 4 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ม.ค.-มี.ค. ฉบับที่ 2 เม.ย.-มิ.ย. ฉบับที่ 3 ก.ค.-ก.ย. ฉบับที่ 4 ต.ค.-ธ.ค.

### ลักษณะบทความ

1. ต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสารอื่นใดมาก่อนหรือไม่อยู่ในขั้นตอนการพิจารณาเพื่อเผยแพร่ในวารสารอื่นๆ
2. ต้องเป็นผลงานวิจัยที่มีผลกระทบในวงกว้างที่ไม่ใช่งานวิจัยเพียงระดับสถาบัน

การส่งบทความ ส่งบทความทางระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ [www.journal.kmutnb.ac.th](http://www.journal.kmutnb.ac.th)

### สำนักงาน

กองส่งเสริมวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

โทรศัพท์ 0-2555-2238-40 โทรสาร 0-2555-2236

บทความที่ลงพิมพ์เป็นข้อคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น

ผู้เขียนจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบต่อผลทางกฎหมายใดๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากบทความนั้น

## The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok

### Advisory

Professor Somrerak	Chandra-ambhorn	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Associate Professor Chanasak	Baitiang	King Mongkut's University of Technology North Bangkok

### Editor-in-Chief

Professor Suchart	Siengchin	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
-------------------	-----------	---

### Associate Editors

Associate Professor Montree	Siripruchyanun	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Assistant Professor Pumyos	Vallikul	King Mongkut's University of Technology North Bangkok

### Editorial Board

Professor Kosin	Jamnongthai	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Professor Jongjit	Hirunlabh	Bangkokthonburi University
Professor Jessada	Tariboon	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Professor Sukit	Limpijumnong	The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology
Professor Danai	Torrungrueng	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Professor Direk	Lawansiri	Chulalongkorn University
Professor Tawil	Puengma	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Professor Thanaruk	Theeramunkong	Thammasat University
Professor Piti	Sukonsokkul	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Professor Phadongsak	Rantanadecho	Thammasat University
Professor Pitt	Supaphol	Chulalongkorn University
Professor Prayoot	Akkaraekthalin	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Professor Poom	Kumam	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Professor Sanong	Ekgasit	Chulalongkorn University
Professor Somchart	Sophonranatit	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Professor Suksun	Horpibulsuk	Suranaree University of Technology
Professor Suwat	Kuntanapreeda	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Professor Saowanit	Sukparungsee	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Professor Athakorn	Kengpol	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Associate Professor Sompoch	Noichinda	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Associate Professor Malinee	Sriariyanun	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Assistant Professor Prayad	Sangngam	Silpakorn University

### Coordinators

Tongpool	Heeptaisong	Jantapong	Boodluck	Teetima	Chaiyakit
Nongnard	Udomsubying	Siriwan	Yupong		

### Objectives

To disseminate academic work in science and technology disciplines such as Engineering, Applied Science, Agro-Industry, Information Technology, Architecture, as well as advanced subject areas related to business and industry.

**Publication Frequency:** 4 issues per year (January–March, April–June, July–September, October–December)

### Article Requirements

1. Authors should be noted that only original articles are accepted for publication. Neither the article submitted, nor a version of it has been published, or is being considered for publication elsewhere.
2. Submitted articles must be beneficial to the public.

### Article Submission

Submit articles to: [www.journal.kmutnb.ac.th](http://www.journal.kmutnb.ac.th)

### Office

Academic Enhancement Department, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800. Tel: 0-2555-2238-40 Fax: 0-2555-2236

### Remarks

Authors have to be responsible for any legal effects that may occur due to their opinions expressed in the articles.