

# วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

## หัวหน้ากองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ธีรวุฒิ

บุญยโสภณ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

## รองหัวหน้ากองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ

เชียงฉิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี

ศิริปรัชญานันท์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปุมยศ

วัลลิกุล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

## กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.โกสินทร์

จำนงไทย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ศาสตราจารย์ ดร.จงจิตร

หิรัญลาม

มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

ศาสตราจารย์ ดร.ชูกิจ

ลิมปิจำนงค์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ศาสตราจารย์ ดร.ดีเรก

ลาวัลย์ศิริ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์ ดร.ถวิล

พึงมา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ศาสตราจารย์ ดร.ธนาวิภา

ธีระมันคง

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศาสตราจารย์ ดร.ประยุทธ์

อัครเอกมาลิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ศาสตราจารย์ ดร.ปิติ

สุคนธ์สุขกุล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์

รัตนเดโช

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์

ศุภผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์ ดร.สนอง

เอกสิทธิ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์ ดร.สมชาติ

โสภณรณฤทธิ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.สมศักดิ์

พันธุ์วัฒนา

มหาวิทยาลัยมหิดล

ศาสตราจารย์ ดร.สุสันต์

ห่อพิบูลสุข

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ศาสตราจารย์ ดร.อรรถพล

นุ่มหอม

สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

รองศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา

ธารีบุญ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.ภูมิ

คำเอม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร.มนต์ชัย

เทียนทอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.สมโภชน์

น้อยจินดา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.สันชัย

อินทพิชัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.สุวัฒน์

กุลธนะปรีดา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถกร

เก่งพล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

## ฝ่ายประสานงานและจัดการ

อาจารย์ทองพูล หีบไชสง

นายจันทพงษ์

บุตรีลักษณ์

นายจีระพล

คุ้มเคี่ยม

นางสาวธิดิมา ไชยกิจ

นางสาวนงนารถ

อุดมทรัพย์ยิ่ง

นางสิริวรรณ

อยู่ผ่อง

นายสมนต์ชัย สุธีวัฒนานนท์

## วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อาทิเช่น สาขาวิชาด้าน วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ อุตสาหกรรมเกษตร เทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันตยกรรม รวมทั้งวิชาการขั้นสูงที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจและอุตสาหกรรม

กำหนดออกวารสาร ปีละ 3 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ม.ค.-เม.ย. ฉบับที่ 2 พ.ค.-ส.ค. ฉบับที่ 3 ก.ย.-ธ.ค.

## ลักษณะบทความ

1. ต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสารอื่นใดมาก่อนหรือไม่อยู่ในขั้นตอนการพิจารณาเพื่อเผยแพร่ในวารสารอื่นๆ

2. ต้องเป็นผลงานวิจัยที่มีผลกระทบในวงกว้างที่ไม่ใช่งานวิจัยเพียงระดับสถาบัน

## การส่งบทความ

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

## สำนักงาน

กองส่งเสริมวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชาราษฎร์ 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

## Editor-in-Chief

Professor Teravuti Boonyasopon King Mongkut's University of Technology North Bangkok

## Associate Editors

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

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 Sukit Limpijumnong Suranaree University of Technology

Professor Direk Lawansiri Chulalongkorn University

Professor Tawil Puengma King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Professor Thanaruk Theeramunkong Thammasat University

Professor Prayoot Akkaraekthalin King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Professor Piti Sukonsokkul King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Professor Phadongsak Rantanadecho Thammasat University

Professor Pitt Supaphol Chulalongkorn University

Professor Sanong Ekgasit Chulalongkorn University

Professor Somchart Sophonranatit King Mongkut's University of Technology Thonburi

Professor Emeritus Somsak Pantuwatana Mahidol University

Professor Soksan Hopibulsak Suranaree University of Technology

Professor Athapol Noomhorm Asian Institute of Technology

Associate Professor Jessada Tariboon King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Associate Professor Poom Kumam King Mongkut's University of Technology Thonburi

Associate Professor Monchai Tiantong King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Associate Professor Sompoch Noichinda King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Associate Professor Sanchai Inthapichai King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Associate Professor Suwat Kuntanapreeda King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Associate Professor Athakorn Kengpol King Mongkut's University of Technology North Bangkok

## Coordinators

Tongpool Heeptaisong Jantapong Boodluck Jeerapol Kumkeam

Teetima Chaiyakit Nongnard Udomsubying Siriwan Yupong

Sumonchai Suteerawattanon

## 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:** 3 issue per year (January–April, May–August, September–December)

## Article Requirements

1. Authors should note 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.