



UNIONE EUROPEA



*Ministero dell'Istruzione,
dell'Università e della Ricerca*



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA MECCANICA

TESI DI

Dottorato di Ricerca in Ingegneria Meccanica

IX Ciclo N.S. (2007-2010)

Un Modello Matematico di Termoregolazione del Corpo Umano

ABSTRACT

Gino Lopardo

Abstract

Lo studio dei meccanismi di termoregolazione del corpo umano e lo sviluppo di modelli di previsione della risposta fisiologica dell'individuo nei confronti del microclima hanno subito un notevole rilancio negli ultimi dieci anni. Tali modelli sono utili strumenti per la caratterizzazione delle condizioni di benessere termoigrometrico negli ambienti confinati e per l'analisi del rischio connesso ad attività lavorative in condizioni microclimatiche severe, ma stanno iniziando ad assumere un ruolo cruciale anche nella previsione della sensazione termica all'aperto, come messo in luce dalla recente azione europea COST 730 che ha condotto alla formulazione di un nuovo indice biometeorologico, l'UTCI, *Universal Thermal Climate Inde*.

L'esigenza di disporre di un modello di termoregolazione del corpo umano va ricercata non solo nella crescente sensibilità nei confronti del benessere termoigrometrico e nell'analisi del rischio connesso ad attività lavorative in condizioni microclimatiche severe (calde o fredde), ma anche nel significativo sviluppo della fisiologia della termoregolazione corporea e dell'analisi dei meccanismi di scambio termico del sistema soggetto-ambiente. Tale modello potrà anche essere impiegato in ambito tecnologico nell'industria dell'abbigliamento, sportivo e protettivo contro i rischi fisico-chimici, ed in quella automobilistica, come strumento di valutazione delle condizioni di comfort termoigrometrico all'interno dell'abitacolo; infine, potrà essere di supporto nella progettazione degli impianti di condizionamento.

Il precursore della stragrande maggioranza dei modelli apparsi in letteratura è il modello di Stolwijk a 25 nodi . Formulato nel 1970 per i programmi Skylab ed Apollo della NASA, introdusse per primo la distinzione tra sistema controllore (attivo) e sistema controllato (passivo), schematizzando il corpo umano mediante un insieme di segmenti, ciascuno dei quali è costituito da strati concentrici caratterizzati da diversi valori delle proprietà termofisiche e fisiologiche. Il modello, che poteva essere utilizzato solo in ambienti uniformi e su soggetti nudi, è stato ripreso più volte nel corso degli anni da numerosi gruppi di ricerca allo scopo di estenderlo a situazioni più realistiche (ambienti non uniformi, presenza di abbigliamento) conferendogli una maggiore flessibilità, anche mediante l'incremento del numero di nodi.

Nei primi anni '90, nell'ambito di una collaborazione tra i gruppi di ricerca sugli ambienti termici dell'Università di Napoli Federico II e del Laboratoire de Psychologie et Physiologie Environnementales del CNRS di Strasburgo, fu sviluppato il THERMODE (THERmoregulation MOdel for Disuniform Environment). Ispirato al modello di Stolwijk, era caratterizzato da una maggiore segmentazione corporea, dalla possibilità di tenere conto delle possibili disuniformità spaziali delle variabili microclimatiche (consentendo la valutazione delle principali cause di discomfort locale in ambienti confinati, date dalla presenza di gradienti verticali di temperatura, asimmetrie della temperatura piana radiante, correnti d'aria o pavimento troppo caldo o troppo freddo) e, soprattutto, teneva conto dell'abbigliamento. Questo modello esibiva un discreto accordo con i dati sperimentali in condizioni di comfort e di caldo leggero, ma cadeva in difetto in condizioni di freddo leggero e non prevedeva in maniera adeguata la risposta delle mani e dei piedi.

Considerati i limiti offerti dal modello matematico di termoregolazione THERMODE il presente lavoro di tesi si è posto l'obiettivo di migliorarne le prestazioni; nello specifico, il THERMODE è stato soggetto ad una profonda rivisitazione nella parte che rappresenta il sistema passivo. In particolare, è stato ulteriormente incrementato il numero di segmenti con cui viene modellato il corpo umano, che attualmente sono 193, è stata migliorata la modellazione dell'abbigliamento tenendo conto dei recenti sviluppi in materia e, infine, sono state introdotte nuove correlazioni per la valutazione della potenza termica scambiata attraverso la respirazione. Il successivo passo è stato quello della ottimizzazione del sistema attivo alla base del modello, sia mediante confronti con altri modelli presenti in letteratura, sia andando ad individuare, con l'aiuto di un codice di calcolo, nuovi parametri del sistema di controllo. Per distinguerlo dal precedente, il nuovo modello è stato denominato