Statistical Analysis of Weight Measurement Data of a Counting Scale.

Javier Barro Pérez-Ojeda

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung Konstanz
Maschinenbau-Produktion

Thesis submitted for the Degree of Industrial Engineering
Escuela Superior de Ingenieros
Universidad de Sevilla

Sevilla, Jun 2009

Abstract

When the weight of the output units coming from any manufacturing process is known and, as a consequence of a high turnover, a big amount of them has to be counted, counting scales are commonly used with this purpose. Since the goal of counting scales is counting units, for a general case *their task should not be limited to weighing and dividing by the unitary weight.* On the contrary, *they must register and count the leaps on the reading* during the process. Otherwise, changes or small uncertainties on the unitary weight, nonlinearities of the sensor measurements, falling shaving material or any other accidental change of the final weight would be translated into a wrong result at the final count.

Depending on the application for which they are designed, counting scales may implement many different characteristics and abilities like: different-weight-units counting, very high or low maximal number of units, detection and correction of impulsive-disturbances, intelligent correction of the expected unit weight or, even, alarm function for detection of defective pieces. Each characteristic determines some aspects of the algorithm to be used.

This thesis has been worked out in the laboratories of the Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung (HTWG) Konstanz and deals with an industrial counting scale located in these laboratories as a part of a common general project between the already mentioned HTWG Konstanz and the companies DigiSens AG and Georg Fischer AG. In this document, an statistical study of the measurements is carried out and a counting algorithm is developed that fits the characteristics of this concrete scale.

"- Cinq cent un millions six cent vingt-deux mille sept cent trente et un. Je suis sérieux, moi, je suis précis.

- Et que fais-tu de ces étoiles?"

A. de Saint-Exupéry, "Le Petit Prince"

–This work was written using LaTeX [1]–

A mis sobrinos Javier e Inés.
A Salvi Ortolá, a Alejandro Calo, a Luis Valverde

Contents

List of Figures

List of Tables

Acknowledgments

Als erstes will ich mich ganz besonders bei meinem Betreuer Herr Nägele bedanken. Besonders möchte ich ihm für sein großes Interesse an meiner Arbeit und auch für seine Geduld, die er für meine Arbeit aufgebracht hat danken. Ich hoffe, dass sich das Warten am Ende gelohnt hat. Auf Grund seiner wunderbaren Persönlichkeit, sowie seiner stets guten Laune war die Zusammenarbeit mit ihm auch persönlich eine große Bereicherung für mich.

Das letzte Jahr in Konstanz, wo diese Arbeit entstanden ist, war für mich eine spannende und unvergessliche Erfahrung, durch die ich fachlich und auch persönlich viel lernen konnte. Während dieser Zeit habe ich viele Menschen getroffen, die mir viel geholfen haben und mir den Aufenthalt an der HTWG Konstanz dadurch sehr angenehm gemacht haben. Mein besonderer Dank gilt Frau Heisser, Herrn Blass, Herrn Schneider und Prof. Dr. Joachim Lauffer.

Quiero agradecer a mi profesor, Dr. Ing. Carlos Bordóns el haber aceptado ser mi tutor de proyecto en España a pesar de la distancia.
Gracias a Luis Valverde y Pilar Monsalvete por ser mis corresponsales, mis ojos y mis manos en Sevilla, en cualquier despacho o ventanilla en que hiciera falta; a Jorge Cordero y a Salvi Ortolá por su ayuda con la edición de este documento. Gracias también a Pascale Lunt, Kai Etzel, Emin Huseynov, Andrew Costigan, a mi hermana Geli y a mi padre por sus revisiones y correciones y a mi madre por todas sus ideas tan *innovadoras*.

Gracias a todos los que me habéis acompañado durante estos años en Sevilla y en Konstanz. Ha merecido la pena. Siempre os llevaré en *mi pendrive*.

Acronym list

HTWG Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung

NSE non-stationarity estimator

PDF probability density function

UCL higher control limit

LCL lower control limit

CI confidence interval