

Predicción del Aprendizaje y Learning Analytics: Un Mapeo Sistemático del Análisis Estadístico Implicativo

Rubén A. Pazmiño-Maji
Grupo de Investigación en Ciencia de
Datos, CIED. Escuela Superior
Politécnica de Chimborazo
Riobamba, Ecuador
rpazmino@esPOCH.edu.ec

Francisco J. García-Peñalvo
Department of Computer Science
Universidad de Salamanca
Salamanca, España
fgarcia@usal.es

Miguel A. Conde-González
Department of Computer Science
Universidad de León
León, España
miguel.conde@unileon

Paulina E. Valverde-Aguirre
Escuela Superior Politécnica de
Chimborazo. Riobamba, Ecuador
paulina.valverde@esPOCH.edu.ec

Johana K. Montoya-Lunavictoria
Escuela Superior Politécnica de
Chimborazo. Riobamba, Ecuador
johana.montoya@esPOCH.edu.ec

RESUMEN

Learning Analytics es un área de investigación que utiliza las tecnologías de la información y las analíticas en datos del estudiante y de su entorno para comprender, mejorar, predecir y personalizar el aprendizaje. Entre los años 2013 y 2017, según la base bibliográfica Scopus hay 2013 publicaciones relacionadas con Learning Analytics, esto muestra que es un área en constante desarrollo y de creciente interés. El Análisis Estadístico Implicativo es una técnica estadística propuesta por el Francés Regis Gras hace aproximadamente 40 años, nacida de un problema educativo y que permite descubrir reglas de cuasi implicación entre casos y variables, para ello utiliza árboles de similaridad, árboles cohesivos y gráficos implicativos. En este trabajo se utilizó como metodología de investigación el Mapeo Sistemático en bases de datos bibliográficas especializadas para responder a determinadas preguntas de investigación planteadas. El Mapeo Sistemático realiza revisiones no narrativas de literatura, es decir son exploraciones rigurosas, explícitas, exhaustivas y replicables, las búsquedas se realizaron desde el año 2013 hasta el año 2017. El objetivo de este trabajo es encontrar artículos sobre Análisis Estadístico Implicativo que realicen predicciones del aprendizaje en el contexto del Learning Analytics. Las fuentes utilizadas fueron Scopus, Web of Science, los últimos 3 congresos internacionales de Análisis Estadístico Implicativo y el último libro digital publicado. Se inició con 121 artículos científicos sobre Análisis Estadístico Implicativo y finalmente 24 de ellos cumplieron todos los criterios de inclusión y calidad. Las respuestas a las preguntas de investigación determinaron importantes características en la predicción del aprendizaje con el Análisis Estadístico Implicativo en el contexto de Learning Analytics.

PALABRAS CLAVE: Learning Analytics, Analíticas de Aprendizaje, Predicción del Aprendizaje, Statistical Implicative Analysis, Análisis Estadístico Implicativo, Mapeo Sistemático, SMR

1. INTRODUCCION

Las reglas de asociación asimétricas [1] extraídas en bases de datos aplicando el Análisis Estadístico Implicativo (ASI) fueron pensadas originalmente por el Francés Regis Gras [2]. El ASI, cuenta con un conjunto de herramientas de análisis de datos basadas en el concepto de cuasi implicación que permiten descubrir el conocimiento en la matriz formada variables e individuos [3].

El desarrollo computacional, los fundamentos teóricos [4] y las aplicaciones de ASI están en continua innovación, desarrollo y expansión. La herramienta informática que automatiza los procesos del ASI se llama CHIC [5] por sus siglas del francés Classification Hiérarchique Implicative et Cohésitive [6], la última versión pagada que funciona sobre Windows es la 7.x. La versión gratuita se llama RCHIC, está desarrollada en R y se está utilizando desde el año 2014¹, ambas versiones fueron desarrolladas por el profesor Raphael Couturier [7]. ASI

¹ <http://members.femto-st.fr/raphael-couturier/en/rchic>

tiene un grupo internacional de investigadores activos que nació en el año 2000² y continúa aportando con el desarrollo del análisis estadístico Implicativo, el último congreso internacional se realizó en Francia en el 2017³.

Learning Analytics (LA) ha surgido como un campo de investigación que ofrece nuevas y prometedoras formas de predecir el aprendizaje [8]. En este trabajo, utilizaremos la definición que se establece en la primera Conferencia Internacional sobre Learning Analytics y conocimiento y asumida por la sociedad de investigación en LA [9]: "Learning Analytics es la medición, recopilación, análisis y reportes de los datos sobre los alumnos y sus contextos, con el fin de comprender y optimizar el aprendizaje y los entornos en los que se produce"⁴. También, ahondaremos en los resultados encontrados en el 2016 con el trabajo titulado: Aproximación del Análisis Estadístico Implicativo al Learning Analytics [10]. Learning Analytics impulsan la recopilación y análisis de datos para predecir el éxito en el aprendizaje de los estudiantes [11], la predicción puede ser del rendimiento del alumno, de recursos relevantes para él, el descubrimiento de comportamientos de aprendizaje deseables o no deseables y la localización de estados de ánimo del alumno que influyen en su aprendizaje [12].

El Mapeo Sistemático (SMR, del inglés Mapping Systematic Review) realiza revisiones no narrativas de literatura, es decir son exploraciones rigurosas, explícitas, exhaustivas y replicables [13].

El objetivo de este trabajo es aplicar el SMR en los últimos 5 años a la literatura sobre Análisis Estadístico Implicativo y responder a las preguntas de investigación planteadas sobre cómo se puede predecir el aprendizaje desde el punto de vista del Learning Analytics.

Esta comunicación continúa con el desarrollo de tres secciones, la sección 2 muestra el desarrollo del SMR con sus pasos detallados. La Sección 3 presenta los resultados y discusión, finalmente en la sección 4 se describen las conclusiones.

2. METODO

Como método se utilizó el SMR, para ello se identificaron los objetivos y las preguntas de investigación que permitieron ejecutar el protocolo [14], que tiene como fin minimizar el posible sesgo de parte de los investigadores y además lo hace reproducible. A continuación, se resume el protocolo utilizado en el SMR:

2.1. Preguntas de Investigación

La Tabla 1, muestra las preguntas de investigación planteadas en el SMR:

Tabla 1: Preguntas de investigación

NUMERO	PREGUNTAS DE INVESTIGACION
1	¿Cuántos artículos relacionados con Análisis estadístico Implicativo se han producido en los últimos 5 años?
2	¿Cuántos artículos relacionados con Análisis estadístico Implicativo existen por fuente?
3	¿Cuántos artículos relacionados con Análisis estadístico Implicativo existen por año?
4	¿Cuántos artículos relacionados con Análisis estadístico Implicativo que aportan en la predicción del aprendizaje se han producido en los últimos 5 años?

² http://math.unipa.it/~grim/asi/asi_00_CAEN.htm

³ <http://sites.univ-lyon2.fr/asi9/index.php?page=0>

2.2. Método PICOC

El documento de Petticrew y Roberts [15], propusieron el método PICOC para definir el alcance propuesto en el SMR (ver Tabla 2).

Tabla 2: Método PICOC

PICOC	SIGNIFICADO
Población (P)	Artículos científicos sobre Análisis Estadístico Implicativo en el período 2013-2017.
Intervención (I)	No aplica.
Comparación (C)	No aplica.
Resultados (O)	Artículos científicos sobre Análisis Estadístico Implicativo publicados en el período 2013-2017 que influyan en la predicción del aprendizaje.
Contexto (C)	Learning Analytics

2.3. Período de estudio

Los últimos 5 años desde el 2013 hasta el 2017

2.4. Fuentes de información

A continuación, se muestra la fuente de información bibliográfica, el enlace de acceso y el número de artículos científicos sobre Análisis Estadístico Implicativo encontrados:

- Scopus: 50 artículos
<https://www.scopus.com/home.uri>
- Web of Science (WOS): 19 artículos
<https://clarivate.com/products/web-of-science/>
- Congreso Internacional de Análisis Estadístico Implicativo (ASI7) : 20 artículos
<http://sites.univ-lyon2.fr/asi7/>
- Congreso Internacional de Análisis Estadístico Implicativo (ASI8) : 33 artículos
<http://sites.univ-lyon2.fr/asi8/>
- Congreso Internacional de Análisis Estadístico Implicativo (ASI9) : 35 artículos
<http://sites.univ-lyon2.fr/asi9/>
- Libro: Uso do CHIC na Formação de Educadores: 15 artículos
<https://play.google.com/books/reader?id=H7jHCgAAQBAJ&printsec=frontcover&pg=GBS.PT133>

2.6. Cadenas de búsqueda

El autor [16] motivó las cadenas de búsqueda utilizadas para la localización de los estudios primarios:

("Analyse Statistique Implicative" OR "Statistical Implicative Analysis" OR "Análisis Estadístico Implicativo" OR "Análisi Statistica Implicativa" OR "Análise Estatística Implicativa") AND (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2017) OR (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2016) LIMIT-TO (PUBYEAR, 2015) OR (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2014) OR (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2013))).

Con las fuentes de información bibliográfica y la cadena de búsqueda antes indicada se encontraron 121 artículos que trataban sobre análisis estadístico Implicativo en 5 idiomas francés, inglés, español, italiano y portugués.

Los criterios de inclusión y exclusión aplicados se muestran a continuación.

2.5. Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión y exclusión [17] se muestran en la tabla 3:

Tabla 3: Criterios de inclusión y exclusión

TIPO / NÚMERO		CRITERIOS
INCLUSION	1	Son artículos publicados sobre Análisis Estadístico Implicativo
	2	Los artículos no hacen parte de bibliografía gris
	3	Los artículos son generados por bases de datos bibliográficas especializadas
	4	Los artículos hacen parte de libros especializados en Análisis Estadístico Implicativo
	5	Los artículos se encuentran en el período definido en el protocolo para la ejecución del SMR.
	6	Los artículos son generados por bases de datos bibliográficas especializadas
EXCLUSION	1	No cumplen uno de los criterios de inclusión
	2	Existen artículos duplicados
	3	No se logra determinar la influencia del artículo en la predicción del aprendizaje en el contexto de Learning Analytics
	4	No se puede tener acceso al documento completo
	5	El artículo no está escrito en los idiomas de los congresos internacionales ASI: inglés, español, italiano, francés y portugués.

2.7. Criterios de Calidad

Los criterios de calidad estuvieron dados por las respuestas afirmativas a las preguntas de la Tabla 4:

Tabla 4: Preguntas para evaluar la calidad

PREGUNTAS	RESPUESTAS	
	Si=1	No=0
1. ¿Los artículos científicos fueron sometidos a una revisión por pares?		
2. ¿Los artículos científicos fueron publicados en documentos con ISBN o ISSN?		
3. ¿Los artículos científicos fueron socializados al menos por una ocasión?		
4. ¿La predicción del aprendizaje se detecta explícitamente en el artículo científico?		
5. ¿La predicción del aprendizaje está en el contexto de Learning Analytics?		

3. RESULTADOS Y DISCUSION

1 ¿Cuántos artículos relacionados con Análisis estadístico Implicativo se han producido en los últimos 5 años?

Se encontraron 121 artículos que trataban sobre análisis estadístico Implicativo en 5 idiomas francés, inglés, español, italiano y portugués.

2 ¿Cuántos artículos relacionados con Análisis estadístico Implicativo existen por fuente?

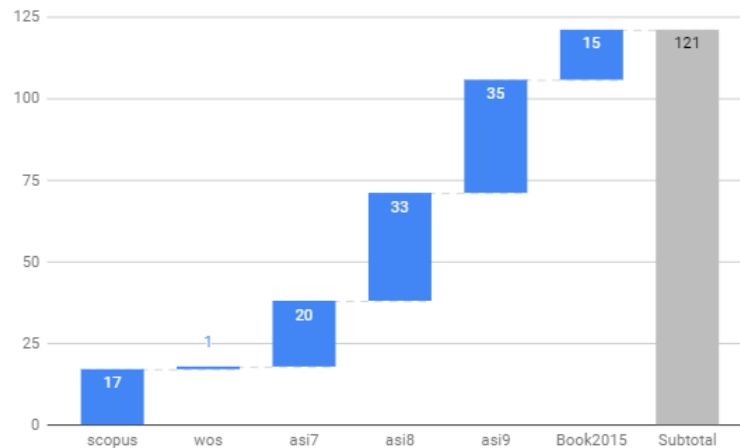


Figura 1: Artículos científicos por fuente de información

La Figura 1. Muestra el gráfico cascada en referencia al número de artículos científicos sobre Análisis estadístico Implicativo por las diferentes fuentes consideradas. Se puede observar que la fuente más grande está dada por el último congreso internacional de Análisis estadístico Implicativo realizado en Francia en el año 2017. El aporte más pequeño está dado por la base de datos bibliográfica WOS con solo un artículo sobre ASI.

3 ¿Cuántos artículos relacionados con Análisis estadístico Implicativo existen por año?

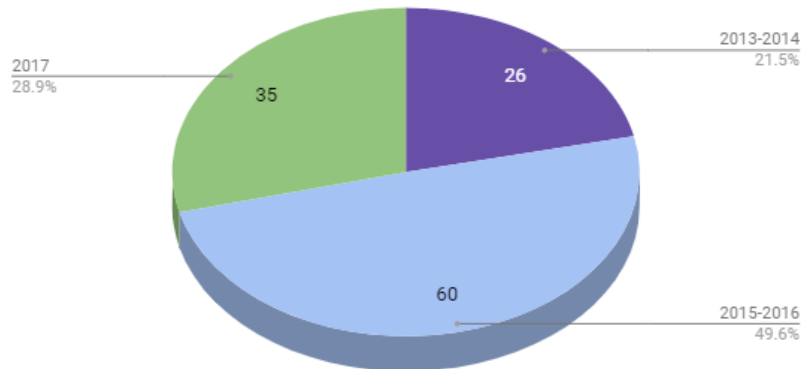


Figura 2: Porcentaje de artículos por año

La Figura 2, nos visualiza que aproximadamente la mitad de los artículos científicos (60) sobre análisis estadístico Implicativo se han generado en los años 2015-2016, mientras que menos del 30% se han generado en el último año (35).

4 ¿Cuántos artículos relacionados con Análisis estadístico Implicativo que influyen en la predicción del aprendizaje se han producido en los últimos 5 años?

Se utilizaron dos métodos para dar respuesta a esta pregunta, el primer método fue por búsquedas exhaustivas automatizadas de palabras clave, en este caso se obtuvieron 65 resultados, el segundo método utilizado fue el de búsqueda parcial y deducción, con ella se obtuvieron 24 resultados ([18], a,[19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35], [36], [37], [38], [39], [35]).

4. CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo es encontrar artículos sobre Análisis Estadístico Implicativo que realicen predicciones del aprendizaje en el contexto del Learning Analytics. Las principales características en la predicción del aprendizaje con el Análisis Estadístico Implicativo en el contexto de Learning Analytics: Las predicciones se realizan tanto en variables directamente relacionadas con el aprendizaje como rendimiento, aprobados, reprobados, etc; así como en su entorno de aprendizaje: sentimiento escolar, motivación, recursos tecnológicos utilizados, etc. Para la predicción se utilizan generalmente árboles de Similaridad y árboles de cohesión y en casos muy particulares los gráficos de implicación. Las predicciones se complementan, amplían y mejoran utilizando variables suplementarias como género, edad, curso, instituciones educativas, etc. Otras herramientas como tipicalidad y contribución permiten identificar a los sujetos que más aportan en la predicción del aprendizaje. Consideramos que teniendo presente el contexto dado por Learning Analytics y realizando las precisiones propias que significa trabajar con el Análisis Estadístico Implicativo un alto porcentaje de los artículos sobre Análisis Estadístico Implicativo realizan predicciones del aprendizaje en el contexto del Learning Analytics.

AGRADECIMIENTOS

Al grupo de investigación Ciencia de Datos (CIDED) de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y al Programa de Doctorado en Formación en la Sociedad del Conocimiento de la Universidad de Salamanca-España.

REFERENCIAS

- [1] R. Gras and J.-C. RÉGNIER, "Extraction de Règles en Incertain par l'A.S.I." in *L'analyse statistique implicative Méthode exploratoire et confirmatoire à la recherche de causalités*, R. Gras, J.-C. RÉGNIER, C. Marinica, and F. GUILLET, Eds.: Cépaduès Editions, 2013, pp. 117–125.
- [2] R. Gras, "Genesis and development of statistical implicative analysis: historical retrospective," *ASI7*, p. 17, 2013.
- [3] *Analyse cohésitive et interprétations des données dans le champ de l'éducation: Université Jaume I Castellon Espagene*, <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00405180/document> https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00405180/file/ASI4_2007_Acioly_Regnier.pdf.
- [4] P. Gregori, R. COUTURIER, and R. Pazmiño-Mají, "On the probability distribution of the classical Gras implication index between two binary random variables Sur la distribution de probabilité de l'indice d'intensité d'implication classique de Gras entre deux variables aléatoires binnaires," *Educação Matemática Pesquisa. Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática*. ISSN 1983-3156, vol. 16, no. 3, pp. 969–980, 2014.
- [5] R. COUTURIER, "CHIC: utilización y funcionalidades," *ASI4*, p. 14, 2007.
- [6] J. A. VALENTE and Maria Elizabeth Bianconcini de Almeida, *Uso do CHIC na Formação de Educadores*, 2015.
- [7] R. COUTURIER, "TRAITEMENT DE L'ANALYSE STATISTIQUE DANS CHIC," *ASI1*, p. 9, 2000.
- [8] A. Gelan et al., "Affordances and limitations of learning analytics for computer-assisted language learning: A case study of the VITAL project," (English), *Comput. Assisted Lang. Learn.*, vol. 31, no. 3, pp. 294–319, 2018.
- [9] Phil Long and George Siemens, "Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education,"

- [10] R. A. Pazmiño-Maji, F. J. García-Peñalvo, and M. A. Conde-González, "Approximation of statistical implicative analysis to learning analytics: a systematic review,"
- [11] Deitz-Uhler, B. & Hurn, J., "Using Learning Analytics to Predict (and Improve) Student Success: A Faculty Perspective,"
- [12] K. Verbert, N. Manouselis, H. Drachsler, and E. Duval, "Dataset-driven research to support learning and knowledge analytics," *Journal of Educational Technology & Society*, vol. 15, no. 3, p. 133, 2012.
- [13] Using mapping studies in software engineering: Lancaster University, 2008.
- [14] I. Kohanova, "Analysis of University Entrance Test from mathematics," *Acta Didactica Universitatis Comenianae Mathematics*, vol. 12, pp. 31–46, 2012.
- [15] M. Petticrew and H. Roberts, *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*: John Wiley & Sons, 2008.
- [16] H. Zhang and M. Ali Babar, "On searching relevant studies in software engineering," 2010.
- [17] B. Kitchenham et al., "Systematic literature reviews in software engineering—a tertiary study," *Information and Software Technology*, vol. 52, no. 8, pp. 792–805, 2010.
- [18] P. MONTPIED et al., "ORIGINE SOCIO-ÉCONOMIQUE DES ÉLÈVES ET ÉVALUATION DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE PAR PISA: UTILISATION DE L'A.S.I. POUR TROUVER DES CLASSES D'ITEMS D'INTÉRÊT POUR ANALYSER LA PROBLÉMATIQUE," *Analyse Statistique Implicative. Points de vue conceptuels, applicatifs et métaphoriques*, vol. ASI 9, p. 29, 2017.
- [19] M. ANDRADE and J. A. VALENTE, "Contributions to CHIC revelamento process ownership of digital technologies," *ASI7*, p. 33, 2013.
- [20] D. CHAMSINE, "Situation and feeling of school failure of the pupil: analysis of a model by ASI differential and complementary approach," *ASI7*, p. 26, 2013.
- [21] T. DELACROIX and A. BOUBEKKI, "An application of multiple behavior SIA for analyzing data from student exams," *ASI7*, p. 18, 2013.
- [22] Djailton PEREIRA DA CUNHA, N. M. ACIOLY-REGNIER, and A. L. FERREIRA, "THE HUMAN TRAINING OF EDUCATORS BY CONTRIBUTIONS FROM INTERNATIONAL MEETING STATISTICAL IMPLICATIVE ANALYSIS (S.I.A.): CASE MEETING S.I.A.5, S.I.A.6 AND S.I.A.7," *ASI8*, p. 21, 2015.
- [23] S. M. ISAIA et al., "PROFESSIONAL MASTER'S DEGREE IN TEACHING OF MATHEMATICS: ARTICULATION OF COMPETENCES," *ASI8*, p. 27, 2015.
- [24] Marcus Bessa DE MENEZES and Marcelo Câmara DOS SANTOS, "AN ANALYSIS OF THE DIFFERENT PRAXEOLOGY IN THE TEACHING OF SECOND DEGREE EQUATIONS, A LOOK FROM THE S.I.A," *ASI8*, p. 31, 2015.
- [25] Maria Elizabeth Bianconcini de Almeida and NELSON MORATO P. DE ALMEIDA, "Laptop practice at school and the pedagogical evolution of DCIT use by teachers," *ASI7*, p. 16, 2013.
- [26] M. D. Montes and S. Ursini, "Chic en el análisis de las actitudes hacia las matemáticas en estudiantes de secundaria," *ASI7*, p. 24, 2013.
- [27] Paraskevi MICHAEL – CHRYSANTHOU and A. Gagatsis, "THE INFLUENCE OF THE NATURE OF GEOMETRICAL FIGURES ON GEOMETRIC PROOFS AND THE ROLE OF GEOMETRICAL FIGURE APPREHENSION," *ASI8*, p. 13, 2015.

- [28] J. PONS, J. Valls, and S. Llinares, "COORDINACIÓN DE LOS PROCESOS DE APROXIMACIÓN EN LA COMPRENSIÓN DEL LÍMITE DE UNA FUNCIÓN EN UN PUNTO. UNA APROXIMACIÓN A TRAVÉS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO IMPLICATIVO," ASI8, p. 17, 2015.
- [29] H. ALCHEGHRI, "THE PEDAGOGICAL POTENTIAL OF USE OF THE INTERACTIVE WHITEBOARD IN PRIMARY SCHOOL IN FRANCE IN THE LIGHT OF THE STATISTICAL IMPLICATIVE ANALYSIS," ASI8, p. 24, 2015.
- [30] H. ALCHEGHRI, "Usage du tableau numérique interactif à l'école primaire en France: quels potentiels pédagogiques peut-on en tirer ?," in MONTRÉAL, Canada, 2016.
- [31] Elyote Marques Santos, Maria Cristina, Marques De Andrade Santos, Paulo César, N. M. ACIOLY-REGNIER, and J.-C. RÉGNIER, "Motivações e competências interculturais para a mobilidade acadêmica França-Brasil: o caso de estudantes da Universidade Lumière Lyon 2," (Portuguese), *Educação Matemática Pesquisa*, vol. 16, no. 3, pp. 723–744, 2014.
- [32] F. F. HERRIGUE, "THE SOCIO - CONSTRUCTIVIST APPROACH IN SITUATIONS OF TEACHING - LEARNING IN BIOLOGY IN TUNISIA. THE CASE OF HUMAN REPRODUCTION," ASI8, p. 17, 2015.
- [33] L. NDONG, "The conceptions of gabonese teachers about genetic determinism," ASI7, p. 24, 2013.
- [34] L. NDONG, "REPRESENTATIONS OF GABONESE TEACHERS IN HEALTH EDUCATION," ASI8, p. 18, 2015.
- [35] G. Perez Caraballo, N. M. ACIOLY-REGNIER, and J.-C. RÉGNIER, "Professional and linguistic competence of health care providers in the Uruguay-Brazil border region: SIA'S contribution in the field of cross-cultural psychology," (French), *Educação Matemática Pesquisa*, vol. 16, no. 3, pp. 813–853, 2014.
- [36] A. J. de Santana, Lira Veras Xavier De Andrade, Vladimir, and J.-C. RÉGNIER, "Analysis of didactic research studies on the affine function in elementary and high school education in the framework of statistical implicative analysis," in *Analyse statistique implicative. Des sciences dures aux sciences humaines et sociales*, Radès, Tunisia Radès Tunisie, 2015, pp. 402–416.
- [37] Voisin, Samuel, P. S., "The teaching of proportionality in special-needs secondary schools : constraints, specificities, situations," *Université Victor Segalen - Bordeaux II*, 2013.
- [38] de Aguiar Isaia, Silvia Maria et al., "Professional master's degree in teaching of mathematics: articulation of competences," in *Analyse statistique implicative. Des sciences dures aux sciences humaines et sociales*, Radès, Tunisia Radès Tunisie, 2015, pp. 451–477.
- [39] H. ALCHEGHRI, "LES POTENTIELS PEDAGOGIQUES DE L'USAGE DU TABLEAU NUMERIQUE INTERACTIF A L'ECOLE PRIMAIRE A LA LUMIERE DE L'ANALYSE STATISTIQUE IMPLICATIVE," in Radès, Tunisia, 2015.