

# Estimando completitud en Ingeniería de Requisitos

Marcela Ridao, Jorge H. Doorn

INTIA, Facultad de Ciencias Exactas  
Univ. Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires  
email: {mridao, jdoorn}@exa.unicen.edu.ar

## ABSTRACT

La Ingeniería de Requisitos provee mecanismos para elicitación y especificación de requisitos, procurando maximizar calidad y completitud. Sin embargo, estimar el grado de completitud de los requisitos de un sistema de software es muy difícil. El mismo problema se presenta en diversas áreas del proceso de desarrollo de software. La introducción de técnicas de predicción basadas en modelos estadísticos lleva ya varios años en el campo de la Ingeniería de Software, con muy buenos resultados. Este proyecto pretende estudiar la completitud de los requisitos de un proyecto de software, analizando la completitud de cada uno de los modelos utilizados en el proceso de obtención de los requisitos, y el impacto que la completitud de cada modelo tiene sobre el resto.

**Palabras Clave:** Ingeniería de Requisitos, LEL y Escenarios, Captura-Recaptura.

## 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la Ingeniería de Requisitos es determinar lo que se pretende de un artefacto de software. Para ello, se proponen métodos, técnicas y herramientas cuyo fin es sistematizar el proceso de definición de requisitos [1] [2] [3] [4]. Si bien estos métodos intentan asegurar un máximo de completitud y calidad en los modelos resultantes, pretender obtener un documento de requisitos completo es una utopía. El ingeniero de requisitos se enfrenta con un Universo de Discurso (UdeD) que nunca parece terminar de conocer.

El problema de la completitud en la Ingeniería de Requisitos, así como en la Ingeniería de Software tiene características comunes con los problemas que se presentan en otras áreas del conocimiento, como la Biología, la Medicina y la Ecología. Precisamente, fue en estas áreas donde se utilizó por primera vez el método de Captura-Recaptura para estimar el tamaño de una población cerrada de animales [5] [6]. Posteriormente, fue utilizado en el campo de la Ingeniería de Software para estimar el número total de errores presentes en un artefacto de software, a partir de los resultados de un proceso de inspección sobre dicho artefacto. Este método puede aplicarse a todos los artefactos de software susceptibles de ser inspeccionados o probados, por ejemplo código, documentos de requisitos o de diseño [7] [8] [9] [10] [11].

En el proceso de obtención de los requisitos de un sistema de software, la validación constituye una de las tareas más complejas, ya que en muchos casos, se requiere que los clientes-usuarios posean conocimientos y habilidades específicas para poder comprender los modelos resultantes de la elicitación y especificación de los requisitos. El uso de representaciones basadas en lenguaje natural mejora la comunicación del ingeniero de requisitos con los clientes-usuarios [12] [13] [14] [15]. En particular, el uso de los modelos de LEL y Escenarios para la elicitación de requisitos y su utilización a través de todo el proceso de desarrollo de software facilita la validación con el cliente/usuario. El propósito principal del léxico es capturar el vocabulario de la aplicación y su semántica, mientras que los escenarios son usados para entender la aplicación y su funcionalidad [16] [17].

Si bien el uso de este tipo de representaciones ayuda a la validación de los requisitos, esta actividad habitualmente se reduce a la exhibición, total o parcial, de dichos modelos al cliente-usuario.

Usualmente, la validación ha sido vista como un conjunto de actividades donde es poco importante la presencia de procedimientos y métodos automáticos o semi-automáticos. En este trabajo, se pretende aplicar técnicas estadísticas para estudiar la completitud de los modelos descriptos. Esta idea introduce un grado mayor de formalidad que el habitual en la actividad de validación.

El proceso de construcción del Léxico Extendido del Lenguaje y luego de los Escenarios es sólo el comienzo de una secuencia de actividades cuyo propósito consiste en elicitación primero conocimiento del UdeD, y luego el conjunto de los requisitos del sistema de software a ser desarrollado.

## 2. RESULTADOS ESPERADOS

Este proyecto pretende analizar el impacto que la completitud de cada uno de los modelos del proceso de obtención de requisitos tiene sobre la completitud de los requisitos resultantes. En una estrategia constituida por una sucesión encadenada de modelos, donde existe un claro vínculo entre una etapa y la siguiente, es importante predecir cómo impactará un LEL más o menos completo sobre el modelo de Escenarios, para luego analizar cómo impactará la completitud de este modelo en los siguientes, hasta llegar a los requisitos.

Se han aplicado métodos cuantitativos para estimar el número máximo de términos que podría contener el LEL de un UdeD [18], así como la cantidad máxima de escenarios para el mismo UdeD, utilizando una estrategia de captura/recaptura.

Estudiando el impacto que la completitud del LEL tiene sobre la completitud de los Escenarios Actuales, se ha podido determinar que, si bien la completitud externa del LEL es importante para lograr completitud en el modelo de escenarios, más importante es la completitud interna de los símbolos del LEL. Es decir, no alcanza con detectar la mayor cantidad posible de símbolos que representan el lenguaje del UdeD, sino que cada uno de ellos, y en especial los sujetos, deben ser descriptos de la forma más completa posible.

Debido a los resultados obtenidos, se pretende rehacer los estudios de completitud de LEL y Escenarios en el caso de estudio, teniendo en cuenta una granularidad más fina, es decir, analizando impactos únicos en el LEL y episodios únicos para los escenarios.

Para poder analizar la completitud interna de los modelos, se pretende definir heurísticas que permitan uniformar la granularidad de impactos y episodios.

Se analizará también la completitud externa e interna de los Escenarios Futuros y de los Requisitos.

### 3. ESTIMACIONES CUANTITATIVAS EN UNIVERSOS CERRADOS

Los métodos de estimación de poblaciones cerradas de cualquier naturaleza, animales, errores en el software y en este caso términos de LEL o escenarios se basan en la idea de la captura y recaptura. Inicialmente, cuando se aplicó a poblaciones de animales, se capturó una cierta cantidad de animales en una primera cacería [5]. A cada animal capturado se lo marcó y liberó sin ningún otro tipo de acción sobre el mismo. Transcurrido un cierto período de tiempo se realizó otra cacería, registrando la cantidad de animales que ya habían sido capturados anteriormente. En los casos en que se planeaba efectuar una o varias cacerías más, se marcó de manera diferente los animales capturados una sola vez de aquellos capturados dos veces. La hipótesis básica de esta estrategia consiste en que si el nivel de recaptura es alto, es decir si la mayoría de los animales es capturada en ambas oportunidades, entonces la población es reducida, mientras que si el nivel de recaptura es bajo, entonces la población es amplia. En estos usos iniciales se hipotetizó adicionalmente que todos los animales tenían la misma probabilidad de ser capturados y que todos los capturadores eran igualmente eficaces. Sin embargo, aun en las aplicaciones iniciales, ambas hipótesis fueron puestas bajo la lupa, dudándose de su veracidad.

Al aplicar este tipo de estrategias a las inspecciones de software, documentos de requisitos, documentos

de diseño, etc. [7] [8] [9] [10] [11], el rol de los animales salvajes fue tomado por los defectos del objeto inspeccionado y el rol de los capturadores le correspondió a los inspectores. En este caso, las dudas acerca de la veracidad de la afirmación que todos los defectos tienen una dificultad similar de ser descubiertos y que los inspectores son igualmente idóneos es también cuestionada, aunque con más énfasis aún. Actualmente, se utilizan 4 modelos basados en diferentes hipótesis de detección:

- M0: Todos los defectos tienen la misma probabilidad de ser detectados y todos los inspectores tienen la misma habilidad para detectar defectos.
- Mt: Todos los defectos tienen la misma probabilidad de ser detectados pero la habilidad para detectar errores de los inspectores puede ser diferente.
- Mh: Los defectos pueden tener diferente probabilidad de ser detectados pero todos los inspectores tienen la misma habilidad para detectar defectos.
- Mth: Los defectos pueden tener diferentes probabilidades de detección y los revisores pueden tener diferentes habilidades para detectar errores.

Se ha comprobado que los modelos Mh y Mth son los más adecuados para el caso de defectos detectados en inspecciones [19].

Wohlin y Runeson [20] propusieron métodos alternativos que no se basan en las hipótesis de los modelos M0, Mh, Mt y Mth, sino que simplemente se basan en ajustar la curva que respresenta los datos de la cantidad de inspectores que encontró cada defecto. El fundamento de este método reside en que un ajuste de los datos experimentales con una curva teórica simple, como puede ser una exponencial decreciente, empotra dentro de los parámetros de la curva las variaciones de probabilidades del modelo Mth sin necesidad de suponer ninguna distribución de probabilidades en particular.

Considerando:

$$m_x = A \times e^{-bx}, \quad (1)$$

donde  $m_x$  indica el número total de inspectores que encuentran un defecto  $x$ ,  $b$  describe el decrecimiento de la función exponencial, y  $A$  es una constante. Mediante técnicas de regresión es posible estimar los parámetros  $A$  y  $b$ . Una vez estimados dichos parámetros, el número total de defectos es determinado por el mayor valor de  $x$  para el cual la ecuación (1) produce un resultado mayor o igual que 0.5.

Se cuenta el número de inspectores que ha detectado cada defecto, y luego se ordenan estos datos en forma decreciente. Se grafica entonces el número obtenido para cada defecto. Ajustando los datos

representados con una curva exponencial decreciente, es posible predecir el número total de defectos [20].

La estimación del número total de defectos mediante la propuesta de Wohlin y Runeson es mucho más sencilla que los métodos basados en hipótesis de distribuciones de probabilidades para los defectos y/o los inspectores. Además, se han efectuado estudios en los cuales se ha comprobado que la calidad de la estimación de DPM es igual o superior a la lograda con otros estimadores [8] [21].

Al aplicar este método a la estimación del número total de términos del LEL [18] y del número total de escenarios para un UdeD, se consideró el LEL y el modelo de escenarios obtenidos por nueve grupos diferentes, graficando el número de grupos que descubrió cada símbolo o cada escenario respectivamente. En la sección 4 se analizan estos datos.

#### 4. APLICACIÓN A UN CASO DE ESTUDIO

El caso de estudio que se utilizó en este trabajo corresponde a un Sistema de Planes de Ahorro Previo para la Adquisición de Vehículos 0Km [22] [23]. Este sistema se dedica a la gestión y la administración de planes de ahorro para adquirir automotores 0Km. Funciona a través de grupos de una cierta cantidad de personas físicas o legales, los cuales participan mensualmente de los sorteos que la Administradora organiza, con el objeto de entregar una unidad por grupo. Los integrantes o adherentes de cada grupo pueden tratar de anticipar la entrega de la unidad que les corresponde, presentando ofertas de licitación. En cada acto de adjudicación, además de sortear el número del adherente favorecido de cada grupo, se abren las ofertas de licitación, si las hubiera, para determinar la mejor oferta y establecer así el beneficiario. Además, la Administradora debe arbitrar en caso de renuncia o fallecimiento de participantes, o falta de pago de las cuotas mensuales, y entender en cuestiones legales tales como trámites sucesorios, seguros de vida y del automotor, intimaciones de pago, contratos con los fabricantes, etc.

Para este caso de estudio, desarrollado en la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, se utilizó como técnica de recolección de datos la lectura de documentos.

Nueve grupos, utilizando la misma técnica de elicitación, procedieron a la confección del Léxico Extendido del Lenguaje. Posteriormente, a partir de este modelo, cada uno de los grupos construyó un modelo de escenarios actuales.

El caso fue realizado con fines totalmente ajenos a este trabajo, y sólo tiempo después se decidió revisarlo con el propósito de estudiar la completitud. Esta secuencia de acontecimientos, garantiza absolutamente la ausencia de factores significativos

que pudieran entorpecer la validez de los datos analizados.

En el desarrollo del caso de estudio, no todos los grupos mostraron la misma habilidad para aplicar la estrategia, tanto a la hora de detectar símbolos del LEL, como para construir los escenarios a partir del Léxico. Por este motivo, se optó por la utilización de DPM [20] para estimar el número total de elementos de cada modelo, en lugar de otro método de estimación.

#### Estimación del número de símbolos del LEL

Se aplicó el método DPM [20] para estimar el número de símbolos del LEL, obteniendo el gráfico que se presenta en la figura 1. El número total de símbolos diferentes detectados por los nueve grupos fue de 118, y la estimación correspondiente fue de 127 [18].

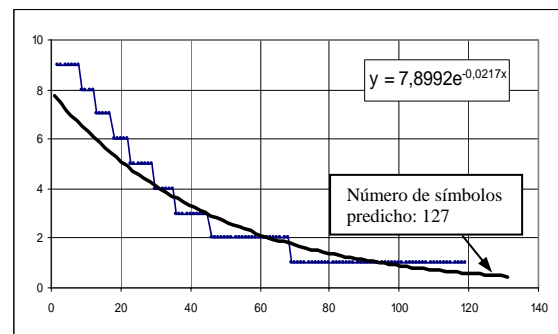


Fig. 1. Predicción a partir de los datos obtenidos por todos los grupos

#### Estimación del número de escenarios

Se efectuaron estimaciones para un grupo reducido de captores, en este caso aquellos grupos que mayor número de escenarios detectaron, obteniendo el resultado que se presenta en la figura 2. El número total de escenarios diferentes construidos por los tres grupos fue 92, y se estimó un total de 120 escenarios.

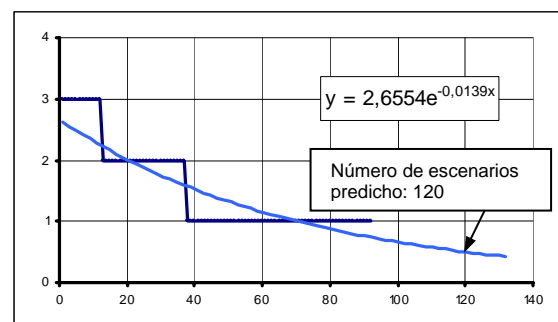
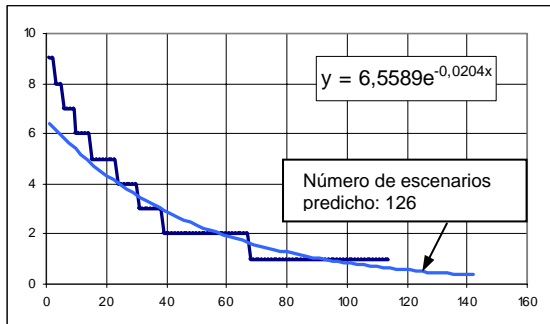


Fig. 2. Predicción a partir de los escenarios obtenidos por los grupos 1, 5 y 7

Luego se efectuó la estimación para todos los grupos participantes, que detectaron un total de 114 escenarios diferentes. El número estimado aplicando DPM, en este caso, fue de 126. En la figura 3 puede

observarse el gráfico de los datos y la curva de ajuste correspondiente.



**Fig. 3.** Predicción a partir de los escenarios obtenidos por todos los grupos

Del mismo modo que para las predicciones del número total de símbolos del LEL, se observa que al aumentar el número de captadores, la cantidad total estimada parece ser más cercana al número real de escenarios. Cuando el número de observaciones independientes es 3, la predicción indica que quedan por descubrir 28 escenarios, ya que, para un total de 92 escenarios diferentes, se predice un total de 120. Para los 9 grupos, en cambio, el número de escenarios por descubrir, de acuerdo con la predicción, se reduce. En este caso, para un total de 114 escenarios diferentes descubiertos, la estimación indica un número total de 126, con lo que quedarían por descubrir sólo 12 escenarios.

### Análisis del impacto de la completitud del LEL sobre los escenarios

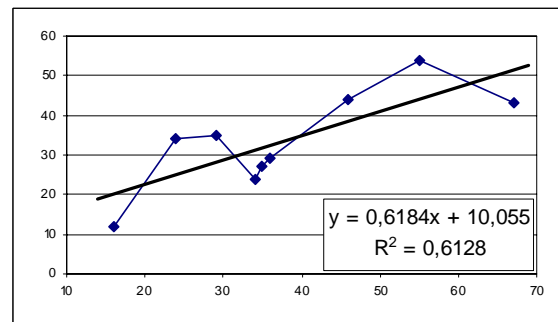
La estrategia aplicada en el caso de estudio consiste en una serie de modelos que se van construyendo en forma encadenada, hasta obtener al final una lista de requisitos. Dado que ésta debería ser lo más completa posible si se pretende obtener un producto de software de buena calidad, el objetivo final de una estimación en esta área debería ser el número total de requisitos. Por lo tanto, surge la siguiente pregunta: ¿la completitud de los requisitos depende de la completitud de cada uno de los modelos intermedios? Para saberlo, es necesario estudiar de qué manera impacta el grado de completitud de cada uno de esos modelos en los siguientes.

En particular, se ha analizado la relación que existe entre los símbolos del LEL y los escenarios actuales. La heurística de derivación de escenarios establece como punto de partida para la creación de los escenarios actuales los impactos de los símbolos del LEL de tipo Sujeto [16]. Por esto, también se estudia la relación entre el número de impactos para símbolos de tipo sujeto detectado por cada grupo, y el número de escenarios obtenido por el mismo grupo. En la Tabla 1 se presentan los datos correspondientes.

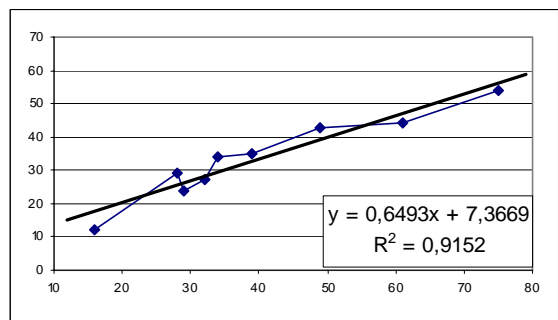
**Tabla 1.** Número de símbolos, impactos para sujetos, y escenarios para cada grupo

Grupo	Número de símbolos en el LEL	Nro. de impactos de símbolos de tipo Sujeto	Número de Escenarios
1	52	75	54
2	29	39	35
3	30	29	24
4	33	32	27
5	65	49	43
6	13	16	12
7	44	61	44
8	24	34	34
9	54	28	29

La figura 4 presenta la relación entre el número de símbolos del LEL y el número de escenarios obtenidos por cada grupo. La figura 5, muestra la relación existente entre el número de impactos de símbolos de tipo Sujeto y los Escenarios obtenidos.



**Fig. 4.** Relación entre número de símbolos del LEL y Escenarios



**Fig. 5.** Relación entre número de impactos de símbolos de tipo Sujeto y Escenarios

Se presenta en ambas figuras una línea de tendencia para los datos graficados, pudiéndose observar que existe una tendencia lineal en ambos casos. Sin embargo, esta tendencia es mucho más evidente para la figura 5 que para la 4.

El análisis de los datos obtenidos permite concluir que, si bien la completitud externa del LEL es importante para lograr completitud en el modelo de escenarios, más importante es la completitud interna de los símbolos del LEL.

## 5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Se ha comprobado que es posible atacar estadísticamente el problema de completitud en Ingeniería de Requisitos.

Se ha comprobado, también, que la completitud interna de los modelos analizados es más relevante que la completitud externa.

Se estudiará la posibilidad de utilizar los mismos métodos de Captura-Recaptura que se usaron para estudiar la completitud externa, a la completitud interna. Será entonces necesario encontrar heurísticas que permitan obtener impactos y episodios de una granularidad uniforme.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Maculay, L., "Requirements Capture as a Cooperative Activity", Proceedings IEEE International Symposium on Requirement Engineering, IEEE Computer Society Press, San Diego, Ca, 1993, pp. 174-181.
- [2] Reubenstein, H. B., Waters, R.C., "The requirements apprentice: Automated assistance for requirements acquisition", IEEE Transaction on Software Engineering, Vol. 17, N° 3, 1991, pp. 226-240.
- [3] Bubenko, J.A., Wrangler, B., "Objectives driven capture of business rules and information systems requirements", Proceedings de IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 1, 1993, pp. 670-677.
- [4] Kotonya, G., Sommerville, I., Requirements Engineering. Processes and Techniques, John Wiley & Sons, 1998.
- [5] Otis, D.L., Burnham, K.P. White G.C., Anderson D.R., "Statistical inference from Capture on Closed Animal Populations", Wildlife Monograph, 62, 1978.
- [6] G. White, D. Anderson, K. Burnham, and D. Otis, "Capture-Recapture and Removal Methods for Sampling Closed Populations", Technical Report LA-8787-NERP, Los Alamos Nat'l Laboratory, 1982.
- [7] Briand, L., El Emam, K., Freimut, B., Laitenberger, O., "A Comprehensive Evaluation of Capture-Recapture Models for Estimating software Defects Contents", IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 26, N° 6, 2000, pp. 518-540.
- [8] Biffi, S., "Evaluating defect estimation models with major defects", The Journal of Systems and Software, 65, 2003, pp. 13-29.
- [9] Kamel, A., Sorenson, P., "The Application of Capture-Recapture Log-Linear Models To Software Inspections Data", Proceedings of ISESE'03 - International Symposium on Empirical Software Engineering, 2003, pp. 213-222.
- [10] Thelin, T., "Team-based Fault Content Estimation in the Software Inspection Process", Proceedings of ICSE'04 - 26th International Conference on Software Engineering, 2004, pp 263-272.
- [11] Petersson, H., Thelin, T., Runeson, P., Wohlin, C., "Capture-recapture in software inspections after 10 years research—theory, evaluation and application", The Journal of Systems and Software, 72, 2004, pp. 249-264
- [12] Jackson, M., Software Requirements & Specifications, A lexicon of practice, principles and prejudices, Addison Wesley, ACM Press, 1995.
- [13] Leite, J.C.S.P., Franco, A.P.M., "A Strategy for Conceptual Model Acquisition", Proceedings of RE'93 - IEEE International Symposium on Requirements Engineering, 1993 January 4-6, San Diego, CA.. Los Alamitos, CA, IEEE Computer Society Press, 1993, pp. 243-246.
- [14] Alspaugh, T. A., Antón, A. I., Barnes, T., Mott, B. W., "An Integrated Scenario Management Strategy", Proceedings of RE'99 - International Symposium On Requirements Engineering, 1999 June 7-11, Limerick-Ireland, Los Alamitos, CA, IEEE Computer Society Press, 1999, pp. 142-149.
- [15] Carroll, J., "Introduction: The Scenario Perspective on System Development". Scenario-Based Design: Envisioning Work and Technology in System Development, J. Carroll, ed.: John Wiley & Sons, New York, 1995, pp. 1-18.
- [16] Leite, J.C.S.P., Hadad, G.D.S., Doorn, J.H., Kaplan, G.N., "A Scenario Construction Process", Requirements Engineering Journal, Vol.5, N° 1, 2000, pp. 38-61.
- [17] Leite, J.C.S.P., Doorn, J.H., Hadad, G.D.S., Kaplan, G.N., Ridao, M., "Defining System Context Using Scenarios". Perspectives of Software Requirements. Kluwer Academic Publishers. Norwell, Massachusetts. USA, 2004. ISBN 1-4020-7625-8.
- [18] Doorn, J., Ridao, M., "Compleitud de Glosarios: Un Estudio Experimental", Proceedings de WER03 - Workshop em Engenharia de Requisitos, Piracicaba-SP, Brasil, Noviembre 27-28, 2003, pp. 317-328.
- [19] Briand, L., El Emam, K., Freimut, B., Laitenberger, O., "Quantitative evaluation of Capture Recapture Models to Control Software Inspections". Proceedings of the 8th International Symposium on Software Reliability Engineering, 1997, pp 234-244.
- [20] Wohlin, C., Runeson, P., "Defect content estimations from Review Data". Proceedings of the 20th International Conference on Software Engineering, 1998, pp. 400-409.
- [21] Thelin, T., Runeson, P., "Fault Content Estimations using Extended Curve Fitting Models and Model Selection". Proceedings of EASE'00 - International Conference on Empirical Assessment & Evaluation in Software Engineering, 2000.
- [22] Mauco, V., Ridao M., del Fresno, M., Rivero, L., Doorn, J.H., "Ingeniería de Requisitos, Proyecto: Sistema de Planes de Ahorro", Reporte técnico, ISISTAN, UNCPBA, Tandil, Argentina, 1997.
- [23] Rivero, L., Doorn, J., del Fresno, M., Mauco, V., Ridao, M., Leonardi, M.C., "Una Estrategia de Análisis Orientada a Objetos basada en Escenarios: Aplicación en un Caso Real", Proceedings of WER'98 - Workshop en Engenharia de Requisitos, Maringá, Brasil, 1998, pp. 79-90.